

森林

FOREST PESTS

防疫



目次

論文

- 「松くい虫」の被害は青森県にも達するのだろうか？
[五十嵐正俊] 3
- 福島県の広葉樹林で発生したカツラマルカイガラムシ被害
[齋藤直彦・在原登志男] 9

学会報告

- 「アジアにおけるマツ枯れ」に関する国際シンポジウム報告
[中村克典・小林正秀] 17
- マツ材線虫病研究最近の動向 -第118回日本森林学会大会より-
[竹本周平・前原紀敏] 24
- 森林昆虫研究最近の動向 -第118回日本森林学会大会より-
[江崎功二郎] 28
- 森林鳥獣研究最近の動向 -第118回日本森林学会大会より-
[田戸裕之] 31
- 平成19年度森林防疫奨励賞の発表** 35
- 平成19年度森林病虫害等防除活動優良事例コンクールの発表** 37

- 都道府県だより：静岡県 38
- 新刊紹介：昆虫と細菌の関係 -その生態と進化- (梶村 恒・佐藤大樹・升屋勇人 訳) .. 39
- 森林病虫害発生情報：平成19年5月受理分 40
- 林野庁だより：人事異動 41
- 森林防疫ジャーナル：人事異 41



A



B

[表紙写真] 洞穴で越冬するプライヤキリバとキクガシラコウモリ

プライヤキリバ *Gonicraspidum pryeri* (ヤガ科 エグリバ類) の幼虫は食葉性で、紀伊半島では毎年、アラカシに大きな被害が発生している。本種の成虫 (写真Aの矢印) は好洞穴性で、成虫期のほとんどを洞穴内で休眠して過ごす。この時期の最大の死亡要因はコウモリ類、特にキクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum* による捕食である。写真Aでは両種が仲良く冬眠しているようにも見えるが、洞床に目をやれば残骸である翅が無数に散乱していた (写真B)。

2006年3月、三重県度会郡大紀町の鍾乳洞にて撮影。

(三重県科学技術振興センター 佐野 明)

論文

「松くい虫」の被害は青森県にも達するのだろうか？

五十嵐正俊¹

1. はじめに

北上を続けた「松くい虫」の被害は岩手県中部付近、秋田県下の平野部までは北上したものの、近年、その北上はやや足踏み状態になっているように思われる。これは、寒冷な北東北の温度条件によって北上が阻まれているものと推定される。筆者は森林総研東北支所在職中、上司（故木村重義氏）の急逝後、1975年から約10年間にわたって「マツノザイセンチュウ」の運び屋とされる「マツノマダラカミキリ」の研究に携わっていた。筆者の考え方は、当時まだ「松くい虫」の被害がおよんでいない東北地方において「マツノマダラカミキリ」がどのような経過をたどるのか、また、盛岡のような寒冷地にも定着可能なのかどうかを明らかにするため、自然温度下での飼育実験が重要であるというものであった。

故木村重義氏が急逝された時点（1975. 4. 6.）で、上司の遺産とも言うべき「マツノマダラカミキリ」老熟幼虫が恒温槽内に1,000頭以上遺されていた。これらの幼虫を活用するためには上記のような考え

方しか思いつかなかった。それらの考えに基づく試験結果は既報に発表した（五十嵐, 1985, 1987, 1991）。

昨年、青森県と秋田県の県境から僅か250m秋田側の地点で持ち越し枯れと見なされる枯損木が発見され、「マツノザイセンチュウ」も検出された（2006. 7. 4.）ことから、いよいよ青森県内にも「松くい虫」の被害が及ぶのではないかと心配することとなり、対策が検討された。筆者はかつて「マツノマダラカミキリ」分布拡大の可能範囲について「温量分布図」から一つの推論を得ていた。上記のような事例が巻き起こったので、最新の気象庁データベースを参考にしながら自説の再検討を行い、「マツノマダラカミキリ」の分布について考察した結果を述べてみたい。「マツノマダラカミキリ」（以下カミキリ）の飼育データは在職中のものであるが、気象庁データベースは最新のものを参照した。

2. 寒冷地における幼虫の発育経過

研究開始の1975年、恒温槽内に遺されたカミキリ

表-1 時期別に産卵された餌木丸太からの1年1世代虫の羽化・脱出数
(林業試験場東北支場（現森林総研東北支所）網室 1981~1982年)

産卵期間 月日~月日	産卵痕(累積)		樹皮面積 ㎡	越冬幼虫 平均体重(mg)	羽化頭数		平均羽化日 月日	羽化率 (対産卵痕)%	対樹皮面積 羽化頭数/㎡
	個数	(%)			頭	(%)			
7. 22~7. 29	228	1.5	2. 11	531	5	2. 2	7. 10	2. 2	2. 4
7. 29~8. 5	1,289	9.8	2. 78	308	81	35.8	7. 4	6. 3	29.1
8. 5~8. 12	1,918	22.2	3. 00	217	75	33.2	7. 6	3. 9	25.0
8. 12~8. 20	3,727	46.2	2. 97	223	60	26.5	7. 11	1. 6	20.2
8. 20~8. 27	2,622	63.1	3. 03	48	5	2. 2	7. 12	0. 2	1. 7
8. 27~9. 3	1,159	80.1	2. 76	37	0	—	—	—	—
9. 3~9. 11	2,534	87.5	2. 83	11	0	—	—	—	—
9. 11~9. 18	779	92.6	2. 94	孵化~不孵化	0	—	—	—	—
9. 18~9. 24	625	99.6	2. 52	不孵化	0	—	—	—	—
9. 24~10. 1	528	100	2. 69	不孵化	0	—	—	—	—
合計	15,409		25.63		226				

Does the pine wilt disease spread into Aomori Prefecture?
¹IGARASHI, Masatoshi, 青森市, 元森林総合研究所東北支所

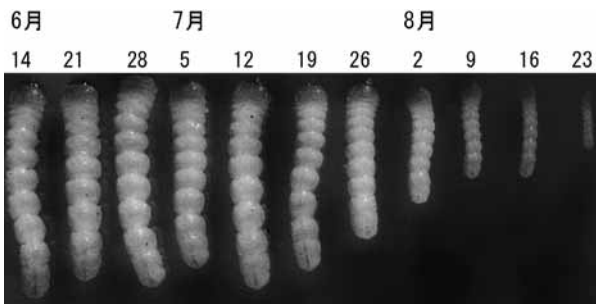


写真-1 産卵時期別の越冬幼虫の大きさ(標準的な個体)

幼虫は成虫になり次第、屋外の網室に放虫して盛岡の自然温度下で飼育した。網室内には成虫の餌用に入れたアカマツの枝の他、産卵用の丸太(8~10cm, 長さ2m, 伐採後1週間経過させたもの)を供試した。この様な飼育実験は数年間繰り返して行った。その内の1981年と1982年の結果を表-1に示した。1980年, 1981年の盛岡地方の4月から10月までの有効積算温度は, それぞれ853.5日度, 806.4日度で, 平年の有効積算温度940.8日度に比較してかなりの冷夏であったと考えられる。

写真-1に恒温槽で加温飼育した成虫に1週間おきに産卵させた場合の越冬時の幼虫の大きさ(撮影は同一グループの平均体重に相当する個体を並べてある)を示した。表ならびに写真で明らかなように, 産卵日が8月以降になった場合には1週間のずれで越冬時の幼虫の育ち方に大きな差が生じることがわかった。すなわち, 産卵時期の遅れがカミキリの生活環に大きく影響することが予想された。であるならば, 発育限界温度, 1世代に必要な有効積算温度, 温度分布図などがわかれば, 被害蔓延地域の予測が可能になるのではないかと考えた。そこで, カミキリの温度段階別の飼育実験を繰り返し行った。

その1部を図-1~3に示す。飼育実験中, 恒温槽の温度設定には温度センサーの位置を微調整しながら飼育容器内(透明プラスチック・カップ)の温度変化が最も少なくなるようよう配慮した。低温下(設定温度12℃)では供試幼虫が摂食を停止して楕円形に木くずを囲う越冬態勢への変化が見られた。また, 高温下(設定温度28℃)でも明らかな発育速度の減退傾向が見られた。そこで, 12℃, 28℃のデー

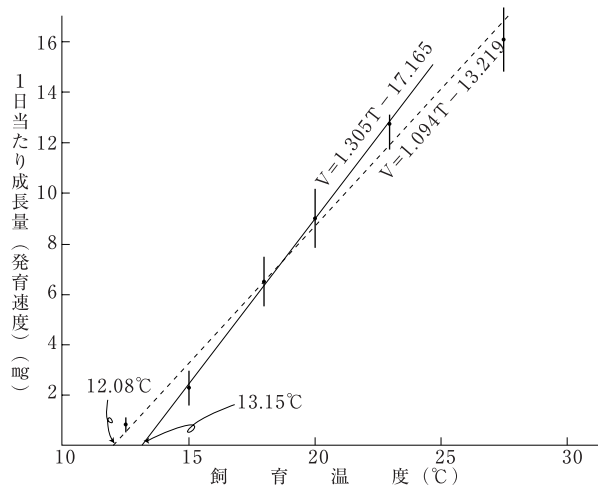


図-1 幼虫の成長と温度の関係

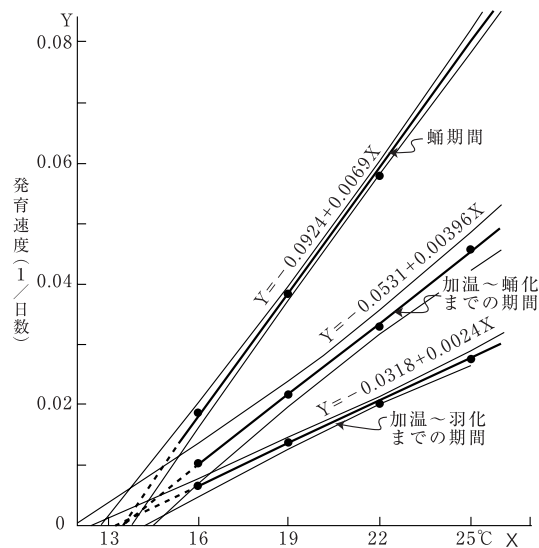


図-2 老熟幼虫(休眠後)の温度に対する反応

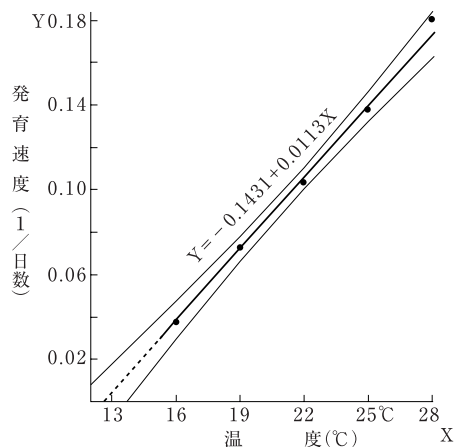


図-3 卵の孵化と温度の関係

表-2 マツノマダラカミキリの発育限界温度と有効積算温度

発育段階	発育限界温度 ℃	有効積算温度 日度
老熟幼虫～蛹化	13.4	253
蛹化～羽化	13.4	145
越冬後～羽化	-13.3	-417
羽化～産卵	13.2	277*
卵～孵化	12.7	89
越冬前幼虫	13.2	230**
平均・合計	13.1	1,013

* 滝沢 (1980) より引用算出

** 1年1世代が可能な最小越冬幼虫重を300mgと仮定

タを除外して発育限界温度を求めた (図-1)。(理論的にはS字カーブを描くのであるが、便宜上直線的に上昇する15℃～25℃の4温度段階で直線回帰を当てはめて計算した)。その結果、幼虫の発育限界温度は13.15℃と計算された。なお、実験した6温度段階全てを対象にすれば12.08℃ということになる (この点が他の研究者と実験結果が大きく異なる理由である)。

同様に被害木の材内から採集した老熟幼虫 (休眠から覚醒していると思われる個体) について温度段階別の飼育実験を行った (図-2)。この場合も発育限界温度は13.4℃と計算された。さらに卵について実験した結果 (図-3) では発育限界温度12.7℃と計算された。また、成虫の成熟期間については当時の上司だった滝沢幸雄氏の実験結果から引用したほか、翌春羽化する可能性のある最小限度の越冬幼虫の大きさを300mgと仮定して、その大きさになるまでの温量を加算した。これらを表-2にまとめて示したが、発育限界温度の平均は13.1℃、1世代に必要な有効積算温度は1,013日度となった。以上の結果から、実用的には端数を切り捨てて13.0℃、1,000日度を用いることとした。

3. 温量分布図の作成

飼育実験の結果をもとに林試東北支場 (現、森林総研東北支所) 構内における気温観測値に当てはめ

てみた。その結果は、1981年まで過去20年間の平均温量は915日度であるのに対し、東北支所構内の1981年の有効積算温度は848日度に過ぎなかった。これは盛岡市の平年値 (30年間) 940.8日度に比較して実験の行われた両年は、たまたまかなりの冷夏年であったことになる。なお、東北地方で、日平均気温が発育限界温度の13.0℃以上を記録するのは概ね5月以降～10月中旬である。すなわち、東北地方の有効積算温度は4月から10月末のデータで十分であると考えた。以上のような考え方から計算すると、東北支所付近の有効積算温度は1,000日度に達せず、「カミキリ」が生息していない理由が説明出来る様に思われた。

次に、東北地方6県下の気象月報 (1986年度) からアメダス観測地点の日平均気温を読み取り、自作のBASICプログラムによって東北地方6県下の温量分布図を作成した。

しかし、この作業は当時の機材では朝から晩までひたすらデータを打ち込んでも1週間ほどの労力を要しながら、作図出来るのは単年度の結果であって、暖候年や冷害年などの場合には結果に大きな違いが生ずる可能性が推測された。

そこで、実測値について昆虫の成育に関係する4月から10月までの有効積算温度の年次変動を調べてみると各地とも大きな変動が見られた。その1例として気象庁データベースにある1985年～2006年までの記録について検討した。図-4に青森県深浦地区の4月から10月までの有効積算温度を示した。2000年の暖候年と1993年の寒冷年では±150日度以上の変動がみられる。この図からはいわゆる地球温暖化の傾向は明らかではないが、過去10年間の間に限定すればプラス側に振れた年次がやや多い様にも見受けられる。この傾向が秋田県下における「松くい虫被害」の北上蔓延に関与した可能性は否定出来ないが、1993年、2003年の様に東北地方に冷害をもたらす様な冷夏に遭遇することもある。

図-5は在職中の1987年に作成した東北地方6県下の温量分布図 (推定) である。これは元森林総研東北支所に勤務されていた小島忠三郎氏の重回帰式

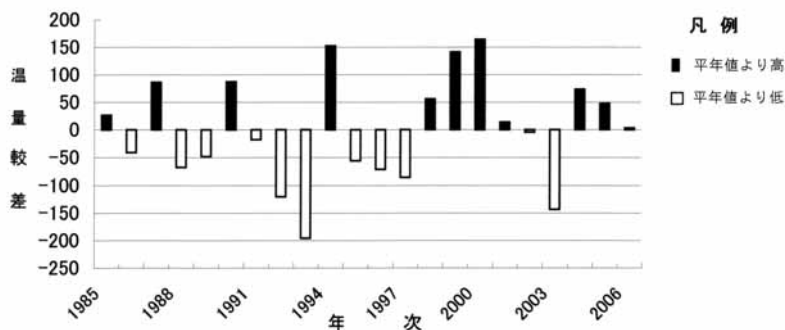


図-4 青森県深浦地区における過去22年間の有効積算温量の年次変動
(日平均気温-13.0℃の4月から10月までの積算値, 平年値は991.7日度が基準)

(小島, 1971) を組み込んだ自作のBASICプログラムによって作図したものである(五十嵐, 1987)。この時点で、秋田県下平野部では1,000日度以上の地点が秋田県北部沿岸まで達していることが読み取れる。また、三陸沿岸中部以北～青森県全域には1,000日度以上の地点は見られない。この当時「松くい虫被害」の確認されていた地域は全て1,000日度地点以内であった。この温量分布図を作製以来ほぼ20年経過したが、1987年以降2006年現在までに被害が拡大した地域は、●(1,000日度)地点ならびに要注意の◎(930日度以上1,000日度未満)地点以外に新たな被害発生の報告は無い。

4. 青森県の松くい虫対策と境界地域の温量

2006年7月4日、秋田県北部海岸の八峰町(旧八森町=有効積算温量値は1,027.9日度)で青森県境から僅か250m地点で発見された枯損木から「マツノザイセンチュウ」が検出されたため、青森県では「松くい虫脅威論」が巻き起こった。そして、急遽防除帯設置が決められた。防除帯は秋田県との県境から2カ所(秋田県境に近い側は南北に幅1km, さらに幅6kmの特別監視区域をはさんだ北側に幅2km)設置して、防除帯内の全てのマツを伐採処分するものである。

防除帯設置の効果は今後の結果を見なければ不明であるが、この防除帯北部に位置する深浦町の有効積算温量の平年値(1985年～2006年)は991.7日度である。図-4に示したように暖候年では1,000日

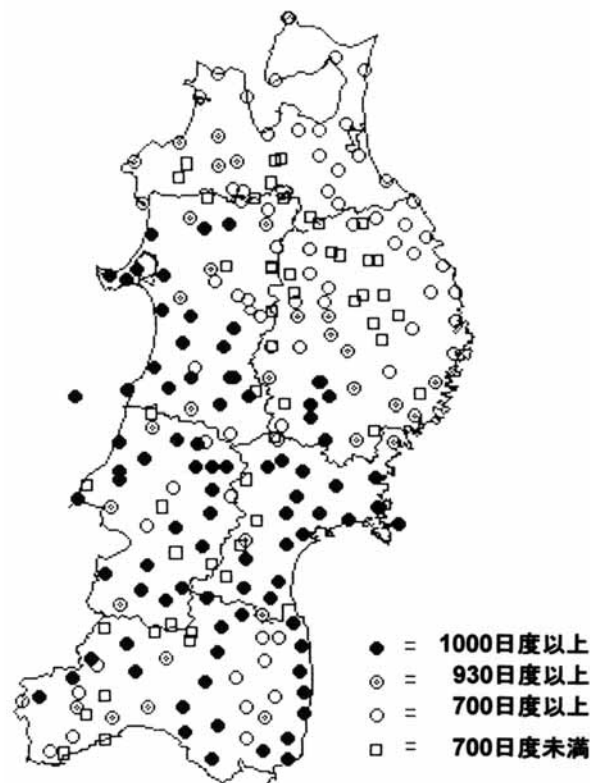


図-5 東北地方の温量分布図(推定)

度を超える年もあるが、冷夏年では1,000日度に達せず、1993年では795.8日度の温量が記録されているに過ぎない。一方、2000年の残暑年には1,156日度となって1,000日度をはるかに超えている。その差は360日度余りに達している。したがって、1,000日度以上の暖候年が続けばカミキリの定着が可能となると考えられるが、1993年の様な冷夏年では越冬幼虫が十分な大きさに成長できないばかりか、満足

な産卵行動すら阻害されるものと考えられ、場合によっては孵化すらも出来ない可能性もあると考えられる。

青森県内では最も温暖と思われる深浦地区でもこのような状態であり、図-5に見られるように「ヤマセ」の影響を受けやすい津軽、下北両半島や三陸以北の太平洋側一帯では「カミキリ」が生息可能な温度条件(1,000日度地点)は存在しない。すなわち、東北地方に冷害をもたらすような冷夏に遭遇すれば「カミキリ」は1年1世代の通常的生活環を維持出来なくなる。表-2に示したように、「カミキリ」が老熟幼虫で休眠(越冬)して、羽化→性成熟・産卵→孵化するまでの大凡の必要温量は約780日度である。1993年のような冷夏では孵化後の幼虫が成長するための残存温量はほとんど無いことになる。

1993年の気温は9月だけはやや平年値よりやや高めに経過しているものの、6月～8月の気温は「ヤマセ」の影響でいずれも平年値を下回り、記録的な大冷害をもたらした。この様な条件下では、たとえ、「カミキリ」が偶然侵入したとしても繁殖行動には致命的なマイナス要因として作用するであろう。また、性成熟した♀成虫が産卵対象木を求めて飛び回るとしても、夜間に行動可能な気温条件、生理的な異常木の存在など、何らの保証もない。「松くい虫」被害地では「マツノサイセンチュウ」による生理的異常木の発生タイミングが産卵時期と一致しているのであるが、寒冷地ではそのタイミングがずれ込むので、カミキリの寄生していない発病木も存在するほか、カミキリが2年1世代の経過をたどって羽化することも知られている。この場合も伐採した被害木を実験的に網室内などに囲い込んだ場合であって、自然状態の枯損立木内では、乾燥、天敵類(とくにアカゲラなどの鳥類)などの環境抵抗の要因が作用するので、現実に2年1世代の経過で「マツノマダラカミキリ」が定着する可能性は極めて小さいであろう。

5. 青森県の松くい虫対策について

東北地方各県下での被害蔓延の経過を振り返れば、

「マツノマダラカミキリ」の分布拡大には人為的な要因(車による移動)に依ったと推測された場合が少なからず存在した。2006年弘前地域でトラップに誘因された1個体もその1例と考えられる。

以上の観点から考察すれば、青森県が昨年(2006年)とった緊急対策には疑問を抱かざるを得ない。とくに、防除帯設置のための健全木の伐採時期(「カミキリ」の産卵最盛期である8月23日からの伐採作業)、同伐採木への予防消毒については正しい施策であったかどうか概念を持っている。

「マツノマダラカミキリ」は性成熟すると、新鮮な枯損木(材線虫病などで生理的に枯死状態になったマツ=見かけは葉がまだ緑のまま)や伐採丸太からの誘引物質(α ピネン, エタノールなど)に誘引されて集まってくる。産卵はこのような生理的に枯死した新鮮な枯損木になされる。その飛翔距離が問題となるが、途中休憩あるいは車に掴まれば一気に遠距離移動は可能である。宮城県下、岩手県下などではそのように見なされた例が数件発生している。秋田県下でも初期(1975年前後)の「マツノマダラカミキリ」の分布は海岸線沿線の道路付近で乱開発(ドライブイン建設のための伐採、道路建設によって新たに出現した風衝地など)された場所に点状に分布していた。

必要な処置は、温度バリア(有効席残温量1,000日度地域)の境界付近における不審に思われる枯損木の早期発見と早期処分(伐倒・搬出・焼却など)を徹底することであろう。産卵期間中の大量伐採は、むしろ卵を抱えたカミキリの♀成虫を呼び込む非常に危険な作業であると判断される。

6. 考察：青森県下への「マツノマダラカミキリ」定着の可能性

青森県下の気温は冬期には西高東低の冬型気圧配置の影響で、日本海側(津軽地方)および下北地方では風雪の日が多く、逆に太平洋側(三戸・八戸地方)では降雪が少なく晴れの日が多いものの、津軽地方よりは寒冷な日が多い。また、梅雨時期にはオホーツク海高気圧から本州南部に停滞する梅雨前線

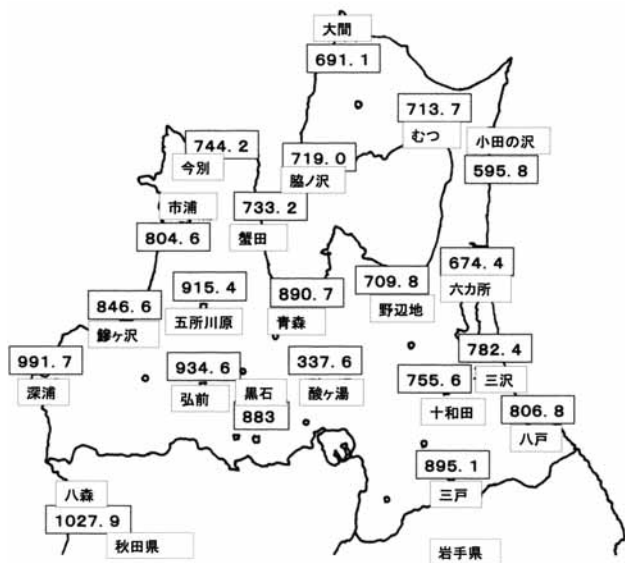


図-6 青森県主要地点の有効積算温度

上の低気圧に向かって吹き出す北東風（ヤマセ）の影響が強く現れる。このため、6月～7月の気温は低めに経過して、しばしば農作物に冷害をもたらす特徴がある。この傾向は図-5から容易に読み取れる。

図-6に気象庁データベースの日平年値（2005年まで）を基に、青森県内の主要地点における有効積算温度を示した。この図で明らかなように、秋田県下の八森町（現八峰町）では1,027.9日度となっているが、青森県内には1,000日度を超す地点は見あたらない。最も温度の高い深浦地区については前述の通りである。また、900日度を超えて、青森県内では比較的温量の高い五所川原、弘前地方では平野部は水田、郊外の丘陵地帯にはりんご園が広がり、マツ林が存在する地域はきわめて少ない。津軽地方で比較的マツ林が纏まって存在するのは鱒ヶ沢町以北の屏風山防潮林（クロマツ）である。しかしその南端に位置する鱒ヶ沢町の温量でも846.6日度に過ぎず、深浦地区よりも約140日度ほど少なくなる。

このような傾向は青森県北部、あるいは東部に

くほど著しく、津軽半島東・北部、下北半島、上北地方北部などでは800日度にも達していない。これらの地域は「ヤマセ」の常襲地帯で、「ヤマセ」が強い日には8月上旬ですら日中ストーブを焚いて生活しなければならない低温が現れ、「カミキリ」にとっては偶発的に運ばれたとしても、行動不能の日々が多くなると考えられる。したがって、青森県下への「マツノマダラカミキリ」の分布拡大・定着のための温度条件は非常に厳しく、「松くい虫」被害蔓延の危険性は「ヤマセ」が吹く限り極めて小さいものと考えられる。今後も青森県における分布の可能性について様々な角度からの検討を期待したい。

引用文献

五十嵐正俊（1987）東北地方におけるマツノマダラカミキリの生態（XXII）-温量分布にもとづく分布拡大地域の推定-。日林東北支誌 39：157～158。

五十嵐正俊（1991）北国には住めないマツノマダラカミキリ。森の虫の100不思議，pp.16～17，日本林業技術協会，東京。

五十嵐正俊（2000）身近の生き物-虫眼鏡で見る世界-：松くい虫は青森にもやってくるか？Ⅲ。五十嵐正俊ホームページ（<http://www.jomon.ne.jp/~igamasa/>）。

気象庁（2007）気象統計情報。気象庁ホームページ（<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>）。

小島忠三郎（1971）東北地方における任意地点の平均気温の推定と温量指数および積算寒度。森林立地 12(2)：16～24。

陳野好之・滝沢幸雄・金子 繁・五十嵐正俊・庄司次男・由井正敏（1985）東北地方におけるマツ材線虫病の諸問題（昭和59年度林業試験場東北支場研究発表会記録）。林試東北支場年報 26：103～112。

(2007. 3. 10 受理)

論文

福島県の広葉樹林で発生したカツラマルカイガラムシ被害

齋藤直彦¹・在原登志男²

1. はじめに

カツラマルカイガラムシ (*Comstockaspis macroporana*) は、従来、西日本を中心としたクリ園の園芸害虫として認識されてきた (平山・野上, 1975)。しかし近年、広葉樹林で集団的葉枯れ被害を起こす森林害虫として長野県 (近藤・岡田, 2006)、山梨県 (大澤・名取, 2006)、山形県 (上野・齊籐, 2006) などから報告されるようになった。

福島県では、2006年7月中旬、会津若松市一箕町地内の広葉樹林において、梢端部の枝枯れや樹幹中部から後生枝が多数発生したカツラマルカイガラムシによると思われる特徴的な被害林分 (上野・齊籐, 2006) が発見された。枝に付着しているカイガラムシ類を採取し、山形県森林研究研修センターに同定を依頼したところ、カツラマルカイガラムシ (以下、カツラマル) と確認された。これと前後して、県内の他地域からも同様の被害情報が寄せられるようになり、本県内にも被害が広がっている可能性が推測された。しかし、被害の実態は詳細に明らかにされていない。

また、カツラマルは潜在的な害虫であるとされる (井上, 1994)。そのため、外見上健全な林分にも一定密度生息すると考えられる。その生息密度が、何らかの要因で急激に増加すると集団的葉枯れ被害として認識されるようになると考えられる。このことから、カツラマルによる被害が拡大する程度 (拡がりや速さ) は、外見上健全な林分に生息するカツラマルの密度と関係があると想定される。しかし、そのような観点から被害林周辺の健全林分の調査は行われていない。

一方、カイガラムシ類の防除法は、主に農薬散布が行われている (井上, 1994)。そして、孵化幼虫

の発生期を的確に掴み、虫体被覆物 (介殻) の完成しない時期をねらって散布することが重要とされる (河合, 1980)。カツラマルの発生は、西日本のクリ園では6月上～7月中旬と8月下～10月上旬の年2回とされる (稗圃, 2005)。この場合、農薬の散布時期は2回と考えられる。しかし、東北地方の山形県の広葉樹林被害地では、年1回の発生と報告された (上野・齊籐, 2006)。この場合、農薬の散布時期は1回と考えられる。年2回の発生か、年1回の発生かを明らかにすることが防除時期を特定する上で重要であると考えられる。しかし、本県におけるカツラマルの発生生態については確かめられていない。

本報告では、カツラマルについて以下の調査を行った。①本県におけるカツラマルによる被害林分の面積、林況、及び被害状況。②被害林分から5～1,300m離れた外見上健全木におけるカツラマルの生息密度。③被害林1箇所における定期的な生態観察による孵化幼虫の年発生回数及び発生時期の推定。このことにより、これまで述べてきた本県での被害の実態やその防除に関する問題点を明らかにしたい。

2. 被害林分の分布、及び被害実態

被害林分は、2006年7月から10月までに確認した地域を、枝枯れの状況や後生枝の発生等により外見上被害と判断できる範囲を1:25,000地形図上に特定し、その面積を計測した。被害状況は、2006年10月下旬、各被害林の中央付近で200㎡の調査区を設けて行った。この区内の樹高5m以上の立木について、樹種、樹高、胸高直径、被害状況、優勢木に該当するか否かを記録した。被害状況は、立木ごとに目視により、健全、被害1、被害2 (写真-1)、被害3 (写真-2)、枯死の5段階に区分けした



写真-1 カツラマルカイガラムシによる被害状況 (コナラ：被害2 (後生枝が多数発生し、梢端の一部は枯れている))



写真-2 カツラマルカイガラムシによる被害状況 (コナラ：被害3 (後生枝上の葉量が明らかに少なく、まばらに着生。または樹冠上部の大部分の枝が枯れている))

表-1 被害状況の区分

被害状況	区 分
健全	外見上病兆が認められない
被害1	健全木よりも一見して葉量が少ない
被害2	後生枝が多数発生し、梢端の一部が枯れている
被害3	後生枝上の葉量が明らかに少なく、まばらに着生 または樹冠上部の大部分の枝が枯れている
枯死	全葉が褐変し、樹体下部で形成層の壊死が認められる

(表-1)。また、優勢木は、林冠上部を構成する立木とした。

福島県で確認されたカツラマルによる被害林分は8箇所(図-1)で、いずれも海拔高400m以下に位置していた(表-2)。このうち福島、郡山、会津美里の林分は市街地に近い森林公園内で、他の箇所も神社仏閣、学校等施設の裏山など、いずれも人の生活圏の近くであった。また、被害面積は大きい順から、会津美里で37ha、次いで会津若松1の25ha、

表-2 福島県におけるカツラマルカイガラムシの被害林分一覧

No.	林分名	所在地	海拔高	被害面積
1	福島	福島市大平山地内	70~150m	10ha
2	本宮	本宮市岩根地内	340m	2ha
3	郡山	郡山市逢瀬町地内	330m	40㎡
4	会津若松1	会津若松市一箕町地内	300~400m	25ha
5	会津若松2	会津若松市東山町地内	300~360m	11ha
6	会津若松3	会津若松市門田町地内	250~320m	5ha
7	会津美里	会津美里町字船場地内	250~380m	37ha
8	会津坂下	会津坂下町大字塔寺地内	220m	2ha

同2の11haと続き、最小は郡山の40㎡となり、被害面積合計が92ha余りに及んだ。被害発生の時期は、その拡がり状況から、ほとんどの被害地で前年以前であったと考えられた。このうち、本宮は昨年に異常を認め踏査を行ったが、カツラマルの知識が無く、原因不明とした林分である。この他は、今年初めて確認された林分であり、カツラマル被害の発生が目立たず、病状もゆっくりと進行したため確認が遅れたものと考えられた。

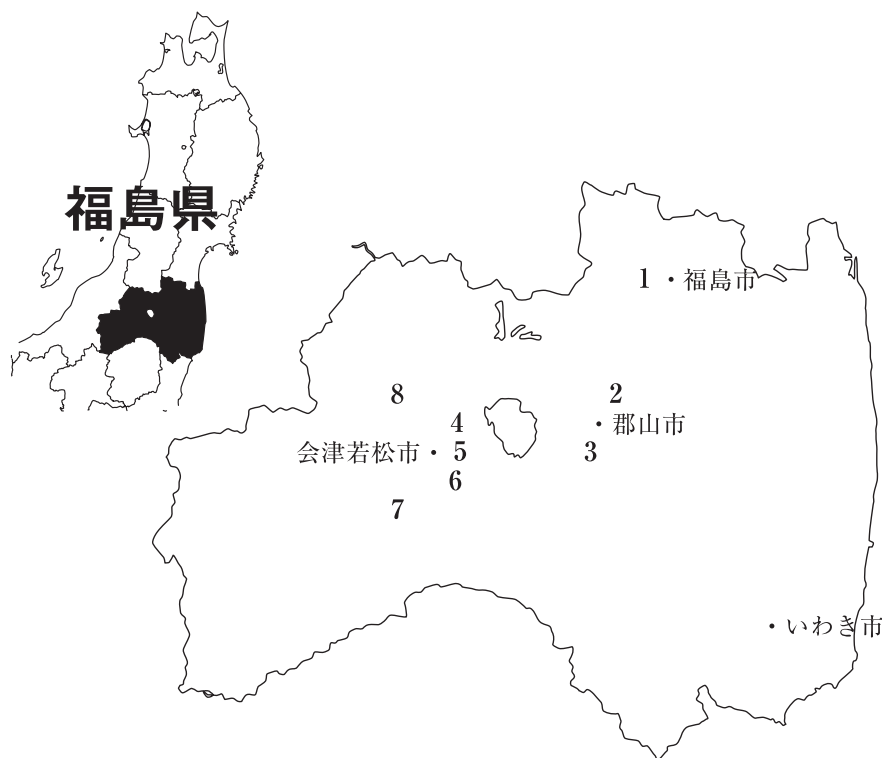


図-1 福島県におけるカツラマルカイガラムシの被害林分位置図(図中の番号は、表-2のNo.に対応)

表-3 調査地ごとの林況(200㎡区域)

林分名	樹 種 構 成 (本)								計	樹 高 (m)	胸高直径 (cm)
	コナラ	ミズナラ	クリ	ハウノキ	サクラ類	アオハダ	他				
福島	23				5				28	15.4±2.5	18.8±5.4
本宮	27		1		3	1	5		37	9.7±2.2	11.2±4.5
郡山	10			1	4	17	4		36	9.1±3.7	13.7±8.4
会津若松1	24	4	3						31	16.9±2.2	19.6±6.0
会津若松2	12		2	2			2		18	16.1±3.2	27.7±9.2
会津若松3	35		1						36	14.5±1.6	16.2±5.2
会津美里A	25		1		4		1		31	16.2±3.3	26.2±8.7
会津美里B	21				2		1		24	17.6±3.3	25.0±7.6
会津坂下	24	2	1						27	15.4±2.0	23.9±5.8

注：会津美里はA、B 2箇所で調査、樹高、胸高直径は平均値±標準偏差

調査区内は、いずれもコナラを主林木とし、ミズナラ、クリ、サクラ類、アオハダ等が混生する壮齢の二次林であった(表-3)。

調査区内の被害状況は、被害面積の小さい郡山では、調査地のコナラ10本のうち、7本は健全で、残

り3本(33%)も被害1に止まっていた(図-2)。しかし、その他の調査地では健全が最大19.4%と少なく、7つの調査地では枯死も3.2~44.5%認められた。さらに、枯死のなかった会津美里Bでも、被害3が50.0%を占めるなど甚大な被害を呈していた。

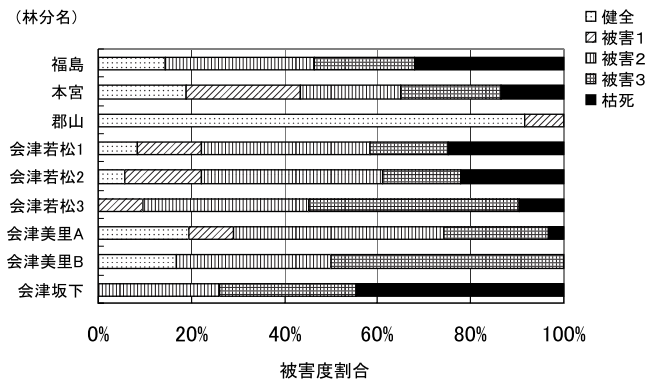


図-2 各調査区の被害状況

被害の程度は樹種ごとに異なっていた(図-3)。例えば、コナラでは総数201本中、健全が13本(6.5%)、被害1が22本(10.9%)、被害2が74本(36.8%)、被害3が55本(27.4%)、そして枯死が37本(18.4%)であった。また、クリは総数9本中、枯死が5本、被害3が4本であり、ミズナラは総数6本中、被害3及び2がおおの3本ずつ、そしてサクラ類は総数18本中、枯死が1本、被害3が1本、被害1が2本であった。ホオノキも総数3本中、2本で被害1の被害が認められた。その他の樹種は健全であった。この結果から、被害は、コナラ、ミズナラ、クリ等のブナ科植物で最も激しいと考えられる。しかし、従来カツラマルは、カバノキ科、ブナ科、ニレ科、カツラ科など、かなりな多食性であるとされる(河合, 1980)ため、ブナ科以外の樹種の被害状況にも注意を続ける必要があると考えられる。

また、被害は林分の上層木(優勢木)に多いことが明らかになった(図-4)。優勢木の枯死は、枯死被害のあった7調査区のうち5箇所で見認められ、会津坂下での枯死木中の割合が83.3%、他4箇所でも過半を優勢木が占めた。他の報告では、カツラマルによる集団葉枯れによる枯死は、主に若齢木や被圧木で起こるとされていた(上野・齊藤, 2006)。しかし今回明らかになった結果は、若齢木や被圧木とともに、優勢木にも大きな被害が及ぶ可能性があることを示している。このことから、早急な防除対策を講じる必要が感じられた。

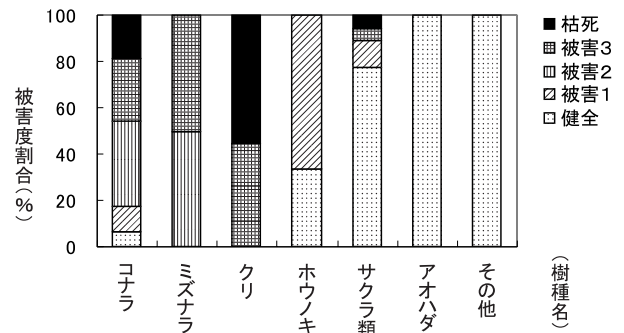


図-3 樹種ごとの被害状況

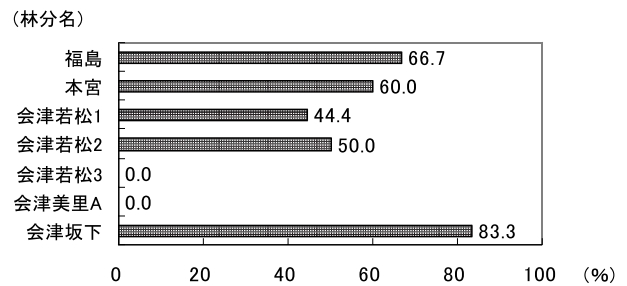


図-4 調査地における枯死木のうち優勢木の占める割合

3. 被害林分周辺でのカツラマルカイガラムシの生息状況

2007年1月、被害林分周辺の外見上健全木又は林分におけるカツラマルの生息状況を観察した。各地点ごとに外見上健全であるコナラ6~10本を選定し、3年生枝を含む枝をそれぞれから1本採取した。そして、1本につき2年生枝及び3年生枝をおおの5本ほど切断し、それぞれの中央部に付着している越冬幼虫の個体数を数えた。そして、枝表面積(長さ×中央径× π)に対する幼虫の生息密度(個体/cm²)を算出した。なお、被害林分からの距離ごとの生息密度調査にあつては、1つの林分の周辺について調査するべきであると考えられる。しかし、本研究では、各被害林分の周辺に適当なコナラ林が少ないため、8被害林分のうち会津若松2,3を除く6林分から5~1,300m離れた14地点(表-4)において調査した。

外見上健全なコナラにおけるカツラマル幼虫の生息密度は、被害林分からの距離が5~200mまでの8地点においては大きく異なった(図-5)。しか

表-4 被害林に隣接する外見上健全木における越冬幼虫生息密度調査箇所

被害林分名	方位	被害木/林からの距離 (m)	調査枝数 (本)
福島	西	50	6
	東	100	9
本宮	北	50	8
郡山	南西	5	10
会津若松1	東	50	10
	東	200	10
	東	400	10
会津美里	南	20	10
	西	1300	8
会津坂下	北	10	10
	北	300	10
	北	600	10
	南西	1100	9
	西	1200	7

し、本宮と郡山に近接した2地点を除く6地点では、被害林分から離れるほど生息密度は低下する傾向にあった。2地点のうち、被害林分郡山から数mしか離れていない外見上健全木では0.03個体/cm²であり、被害林分本宮から50m離れた地点でも1.51個体/cm²と生息密度は低かった。一方、被害林分からの距離が200~1,300mまでの7地点では、カツラマル幼虫の生息密度は、0.01~1.00個体/cm²と低かった。また、全ての地点で生息が確認された。

これらのことから、被害林分からの距離およそ200mまでの外見上健全なコナラでは、カツラマルはあ

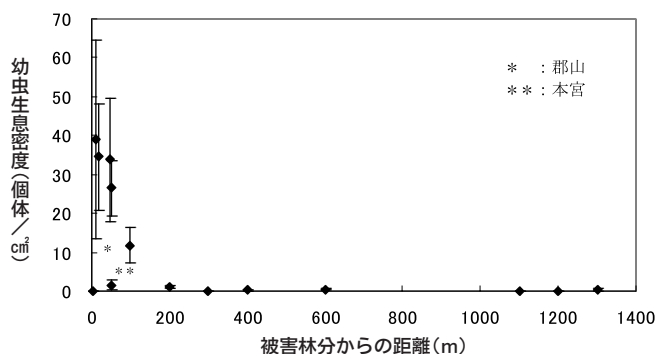


図-5 被害林分からの距離とカツラマルカイガラムシ幼虫生息密度 (Y誤差は標準誤差)

る程度の高い密度で生息し、距離が離れるほど密度は低下するものと考えられた。しかし、生息密度は被害林分ごとの条件によって異なると考えられた。また、被害林分からの距離が少なくとも1,300mまでの外見上健全なコナラで、カツラマルは低密度ながら広範に生息していることが窺えた。カツラマルは潜在的な害虫といわれ、その分散は、おもに脚を有する1齢幼虫期におこる(井上, 1994)が、脚による歩行だけでなく風による拡散でもおこると考えられている(稗圃, 2005)。今回明らかになった生息密度に、これらのどの要因がいかに関わるのか、集団葉枯れ被害にどのように結びつくのかについては、今後の検討課題である。

4. カツラマルカイガラムシの発生及び幼虫の生態

発生及び幼虫の生態の観察は、2006年7月11日~11月2日まで、被害林分会津若松1において行った。1~2週間に1回程度の頻度で、カツラマルが生息

表-5 2006年会津若松1地区におけるカツラマルカイガラムシの生活史

(月・日)

ステージ	7.11	7.19	7.25	8.1	8.8	8.16	8.21	8.30	9.5	9.12	9.19	9.26	10.2	10.11	10.17	11.2
一齢幼虫歩行	○													○	○	○
一齢幼虫定着	◎	◎	○											○	○	◎
二齢幼虫		◎	◎	◎	◎	◎	○								○	◎
成虫♂							○									
成虫♀	◎						◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
卵	○										○	○	○	◎	◎	◎

○10個体以下観察 ◎11個体~多数観察

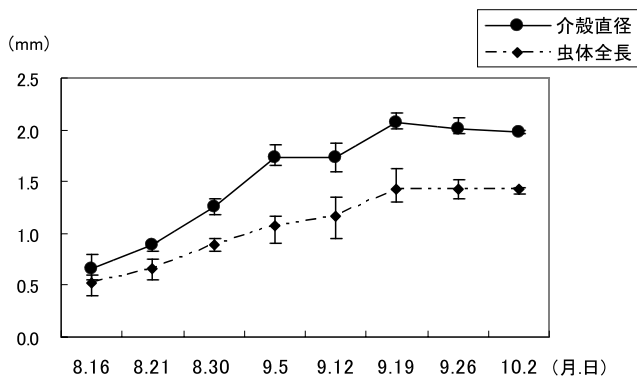


図-6 カツラマルカイガラムシ♀大きさの推移 (上位5個体)

する小枝を10枝程採取し、各ステージの生きた虫を数えた。また、8月16日～10月2日、採取したカツラマル♀の介殻の大きさ（縦、横の平均）と介殻内の虫体全長を測定した。

この林分におけるカツラマルの発生は2回であることが明らかになった（表-5）。7月11日には、♀成虫の介殻下に卵が見い出され、歩行中の一齢幼虫が観察されたが、歩行一齢幼虫は、8日後の7月19日以後10月に入るまで観察されなかった。また、卵は9月19日まで確認されなかった。二齢幼虫は7月19日から8月21日まで観察されたが、9日後の8月30日からは成虫のみが観察された。成虫♂は8月21日に6個体が観察された。そして、10月11日から11月2日までは、歩行一齢幼虫が毎回観察され、11月2日には卵、一齢、二齢幼虫及び成虫の各ステージの虫がそれぞれ多数確認された。

カツラマル♀の介殻及び虫体の長さは図-6に示す。これによると、介殻、虫体とも9月19日まで順調に成育し、介殻で2mm、虫体全長で1.4mm程度に達すると成長が止まった。成長が止まった時期は、初めて卵を確認した日付と一致した。

以上のことから、会津若松1におけるカツラマルは、7月中旬までに第1世代の歩行一齢幼虫が出現し、8月下旬ごろ一斉に成虫となり、成虫♀は9月下旬ごろまで成長し成熟して産卵、その後、第2世代の孵化幼虫が、10月中旬以降に出現するものと推定された。このため、孵化幼虫出現時期の農薬散布を行う場合は、7月中旬までと10月中旬以降の時期

が適すると考えられる。なお、発生生態は、県内における地域、気象条件等によって異なる可能性があり、今後とも観察が必要である。

5. 被害林分で見いだされた菌類

今回の調査を通じて被害林分のカツラマル成虫の介殻上に菌類が見いだされた。見いだされた菌は、カツラマル成虫の介殻の縁から赤色の菌体を伸ばした状態となっており、この菌が付着した介殻をめくってみると、中の成虫は黄白色に固結して死亡していた（写真-3）。標本を森林総合研究所昆虫管理研究室に同定を依頼したところ、*Fusarium coccophilum*（以下、*Fusarium*菌）であり、カツラマルを含むカイガラムシ類に対する寄生菌であることが明らかになった。このため、*Fusarium*菌の発生状況とカツラマル生息状況との関連を調査した。

調査にあっては、*Fusarium*菌のカツラマルへの寄生生態は明らかになっていないため、目視により、成虫の介殻に赤色の菌体を確認した時点で、カツラマルが*Fusarium*菌に寄生されていると仮定した。調査は、2006年11月、被害発生8林分の被害状況調査地（200㎡区内）9箇所において行った。そして、成虫の介殻が付着した個体10本を選定し、各1本の生枝（2年生枝、20～60cm、φ4～7mm）を採取して調査枝とし、1枝ごとに枝表面積、単位枝面積当たりの幼虫の生息密度を前述した方法により調査した。

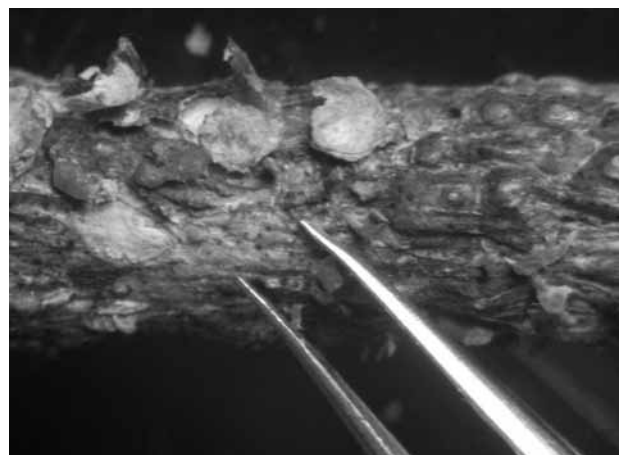


写真-3 カツラマルカイガラムシ介殻縁から発現した *Fusarium coccophilum*赤色菌体と介殻内の成虫死亡状況

表-6 *Fusarium coccophilum*発生状況調査の区分

区分	枝表面に対するカツラマル 成虫介殻被覆率(%)	カツラマル成虫個体数に対する <i>Fusarium</i> 菌赤色菌体発生率(%)
	(平均百分率: An)	(平均百分率: Bn)
1	0 ~ 1	0
2	(0.5) 1 ~ 10	(0.0) 0 ~ 25
3	(5.5) 10 ~ 25	(12.5) 25 ~ 50
4	(12.5) 25 ~ 50	(37.5) 50 ~ 75
5	(37.5) 50 ~ 100	(62.5) 75 ~ 100
	(75.0)	(87.5)

また、枝表面積に対するカツラマル成虫介殻の被覆率、カツラマル個体数に対する*Fusarium*菌の赤色菌体の発生率を目視によって区分し(表-6)、調査箇所ごとのカツラマル介殻面積に対する*Fusarium*菌の発生率を以下の式で表した。すなわち、*Fusarium*菌に寄生されたカツラマルの占有面積/カツラマルの被覆面積 = $\Sigma (Pn \cdot An \cdot Bn) / \Sigma (Pn \cdot An)$ (Pn: 枝表面積, An: 枝表面に対するカツラマル成虫介殻の被覆率, Bn: カツラマル個体数に対する*Fusarium*菌赤色菌体の発生率)。なお、郡山は被害木が3本と少ないため、それぞれから3本ずつの生枝を採取して調査した。

*Fusarium*菌は、9調査箇所すべてで確認された(図-7)。また、*Fusarium*菌が確認される割合が高い箇所では、カツラマル介殻面積に対する*Fusarium*菌発生率も高い傾向にあった(Kendallの順位相関係数 $\tau = 0.808$, $P < 0.01$) (図-8)。これらのことから、*Fusarium*菌は福島県のカツラマル被害林分で広範に生息する種であると考えられる。

さらに、幼虫の生息密度は、カツラマル介殻面積に対する*Fusarium*菌発生率が高い箇所ほど低い傾向が認められた ($\tau = 0.556$, $P < 0.05$) (図-9)。このことから、*Fusarium*菌のカツラマルへの寄生により、カツラマルの新生幼虫の発生数が抑えられることが窺え、天敵微生物としてカツラマルの密度

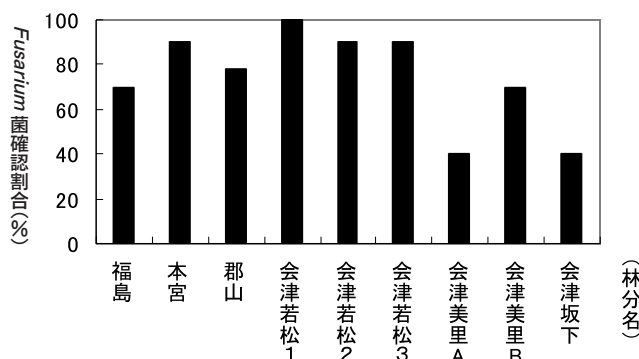


図-7 各調査箇所の *Fusarium coccophilum* 確認割合

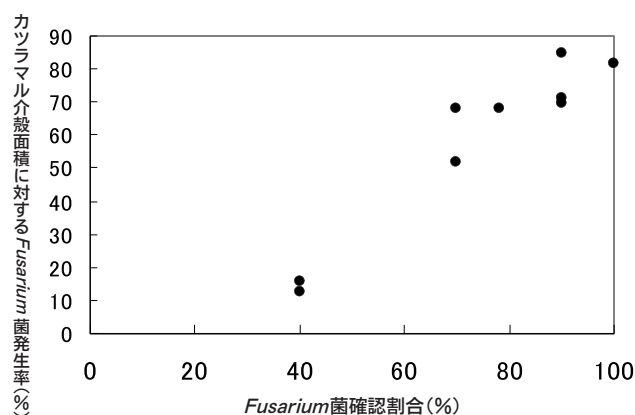


図-8 *Fusarium coccophilum* の確認割合とカツラマルカイガラムシ介殻面積に対する発生率

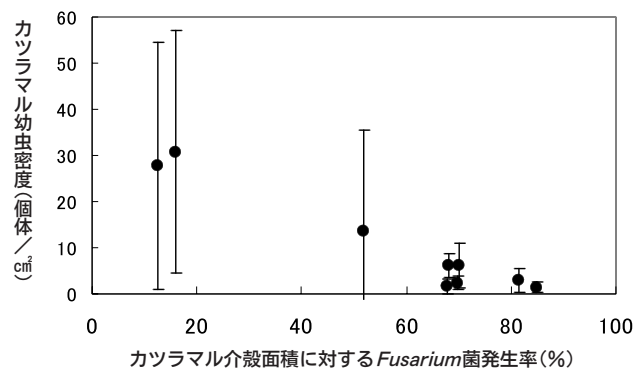


図-9 カツラマルカイガラムシ介殻面積に対する *Fusarium coccophilum* 発生率と幼虫生息密度 (Y誤差は標準偏差)

をコントロールしている可能性が考えられた。以上のことから、*Fusarium*菌をカツラマルの被害防除のために利活用できる可能性がある。このため、今

後、*Fusarium*菌の生態をより詳細に調査し、カツラマルとの関係を明らかにしていきたい。

6. まとめ

本県におけるカツラマルによる被害は、3市2町の8林分で確認され、いずれもコナラを主体とする壮齢の二次林であり、被害総面積は92ha余りに及んでいた。

カツラマルによる8被害林分のうち、7林分で枯死が認められ、枯死率は3.2~44.5%だった。そのうち5林分では、樹冠上部を構成する優勢木の枯死も多く認められた。

被害林分からの距離およそ200mまでの外見上健全なコナラでは、カツラマルはある程度の高い密度で生息し、距離が離れるほど密度は低下するが、生息密度は被害林分ごとの条件によって異なると考えられた。また、被害林分からの距離が少なくとも1,300mまでの外見上健全なコナラで、カツラマルは低密度ながら広範に生息していると考えられた。

福島県会津若松地域では、カツラマルの孵化幼虫の出現時期は、第1世代が7月中旬までの期間、第2世代が10月中旬以降の年2回と推定された。

被害林で、カツラマルの介殻上で見いだされた*Fusarium*菌のカツラマル介殻面積に対する発生率が高かった箇所では、カツラマル新生幼虫密度が低い

傾向が認められた。このため、本菌を天敵微生物として利活用する可能性が考えられた。

引用文献

- 平山好見・野上隆史(1975) クリを加害するカツラマルカイガラムシの生態と防除. 植物防疫 29:2~6.
- 河合省三(1980) 日本原色カイガラムシ図鑑, pp. 215, 325, 332, 全国農村教育協会, 東京.
- 井上悦甫(1994) カツラマルカイガラムシ, 森林昆虫総論・各論(小林富士雄・竹谷昭彦編著), pp. 513~515, 養賢堂, 東京.
- 稗圃克己(2005) カツラマルカイガラムシ, 原色果樹病虫害百科モモ, ウメ, スモモ, アンズ, クリ編, pp.633~636, 農山漁村文化協会, 東京.
- 近藤道治・岡田充弘(2006) 平成17年度長野県林業総合センター業務報告:36~37.
- 大澤正嗣・名取潤(2006) カツラマルカイガラムシの生態の解明と天敵を利用した被害軽減法の検討. 平成17年度山梨県森林総合研究所事業報告:12~13.
- 上野満・齊藤正一(2006) カツラマルカイガラムシによる広葉樹林の集団葉枯れの実態. 山形県農林水産部成果情報カード.

(2007. 3. 29 受理)

学会報告

「アジアにおけるマツ枯れ」に関する 国際シンポジウム 報告

中村克典¹・小林正秀^{2,3}

1. はじめに

アジア各国で最も深刻な森林病害であり、今なおその被害が拡大し続けているマツ材線虫病について、最新の情報を交換し、また今後の研究を促進するための国際シンポジウムが、2007年2月15日～18日（18日はエクスカージョンのみ）に京都大学で開催された（写真1～3）。基本的に「アジア限定」であり、また多分、告知から開催までの期間が短かったこともあって、発表者、参集者とも日本国内からが圧倒的であったが、主催者である二井先生の人脈に連なる人々の研究内容は多様かつ先進的で、参加者に国際シンポジウムの手応えを感じさせるに十分なものであった。会場の「時計台百周年記念館」は京都大学のシンボルとされつつも「汚かった（京都大出身参加者某氏の言）」建物を百周年記念事業でリニューアルしたもので、外観はもちろん、内部も明治の建築物の威厳を残しつつきれいに整備されていた。講演の合間には、エントランスホールに連なる京都大学の歴史記念博物館に感嘆し、京大グッズ



写真-1 会場となった、京都大学時計台百周年記念館国際交流ホールⅢの様子

売り場にハマることができた。

以下の文章の大半は、著者の一人、小林によるものである。公立林試保護分野で最も活発な研究者の一人である彼は、間近で国際的な学会が開催されても参加のままならない公立林試の仲間に会の様子を伝えるべく、シンポジウム直後に書いた出張報告書の草稿をメールで配信した。もう一人の著者の中村がこれに目をつけ、本誌への投稿を要望した。本人は強く辞退したが、参加者のライブな感触を伝えるこの文章をシンポジウムが過去のこととなる前に世に出したかった中村が無理を言って引き取り、若干の変更を加えて本誌上に紹介することにしたものである。

2. シンポジウムの内容

セッション1「マツ材線虫病の概略」

二井（京大）：日本（1905年長崎の被害が初記録）と世界各国の被害発生経緯の説明。マツノマダラカミキリ（以下、マダラ）の飛翔によって被害が拡大する場合、周辺に利用可能なマツが多ければ被害は50～260m程度しか拡大しないが、利用可能なマツがなければ数キロ以上も離れた場所で被害が発生することがある。菌根が発達した尾根部のマツは枯死を免れやすい。また、窒素肥料を施用すると菌根の発達が阻害され、被害が助長された。このように、被害の拡大は、気候的要因、マツ林の地形、マツ樹の状態（菌根菌との共生状態）にも左右される。マツノサイセンチュウ（以下、センチュウ）に感染しているが見かけ上健全な「潜在感染木」が伐倒駆除されないことも被害拡大の要因になっているだろう。また、国際的な物資（被害材、梱包用材、チップ）の移動も被害拡大原因となる。中国、韓国、そ

¹NAKAMURA, Katsunori, 森林総合研究所東北支所；²KOBAYASHI, Masahide, 京都府林業試験場；

³現所属：京都府立大学大学院農学研究科

して1999年にはポルトガルで被害が発生し、また被害発生にはいたらなかったものの1984年にスカンジナビア半島で輸入チップからセンチウが確認されるなど、世界のマツ林は材線虫病被害の危険に晒されている。

Sutherland (カナダ)：北米(カナダ、アメリカ、メキシコの3国)における1930年代から現在までのセンチウ検出および被害状況の説明。カナダで枯死木2773本を含む3706本と、枯死木から脱出した1294頭の甲虫についてセンチウの有無を調査した結果、センチウには尾端突起のある系統(m-form)とそれがない系統(r-form)のうち前者の分布範囲が広がった。マダラと同じ*Monochamus*属の1種(*M. clamator*)がセンチウの媒介者となっている。カナダではセンチウによって枯死するマツは少なく、北米中東部産のマツは総じて抵抗力が強い。センチウに汚染された木材はそのままでは輸出できないため、熱処理されている。

Zhao (中国)：中国では1982年に材線虫病被害が初めて確認され、南部で被害が多い。被害が急速に拡大しているのは、枯死木を完全に駆除できず、人為的な移動もあるためと推察される。被害対策として、枯死木とマダラのモニタリング、枯死木の伐倒搬出、被害先端地周辺2kmのマツの皆伐による隔離帯(isolation belt)の設置、薬剤散布によるマダラ飛来成虫の駆除などを実施している。被害面積は

国土の416分の1にすぎないが、大変な労力を要している。今後は、検疫の強化、伐倒駆除の徹底、研究の推進(研究予算の獲得)が必要。防除法として、マダラの天敵昆虫(アリガタバチの一種)、ボベリア菌、殺虫剤などの利用法を検討しており、またセンチウに対し毒性を有する植物または菌由来の天然成分を探索している。材線虫病抵抗性のタイワンアカマツ(馬尾松：*Pinus massoniana*)の選抜も行っている。ただし、抵抗性苗であっても、樹齢が10年生以上になると抵抗力が低下したり、植栽環境で抵抗力が変化することがある。

Shin (韓国)：韓国ではマツ林は国土の15.1%、森林面積の23.5%を占める。材線虫病被害は釜山近郊を中心に、年間平均1.4km(最大5km)のスピードで拡大している。防除法は、監視による被害木の早期発見、伐倒駆除(チップ化は環境負荷が少ないが、焼却は山火事の危険性がある)、貴重なマツへの樹幹注入と薬剤散布である。空散の効果は高いが、環境汚染が心配される。防除費は950万ドル/年で、増加傾向にある。2006年になってチョウセンゴヨウ(*P. koraiensis*)での被害が初確認され、韓国の材線虫病防除は新たな局面を迎えている。2004年に比べて2005年の被害量が急増したが、これは国が特別法を制定し対策に本腰を入れ、被害木が発見・報告されるケースが増えたためと考えられる。この法律の下、防除は市町村単位ではなく、国が主体となっ



写真-2 会場に展示されていた生け花。講演会場内のスペースに嵯峨御流、東山未生流、月輪未生流によるマツをテーマとした生け花が配され、シンポジウムに彩りを添えていた。

て実施されるようになった。行政（法の整備）－市民（報告・協力）－研究者（研究）の3者間の連携が強化され、2006年の被害量は前年比30%減となった。韓国では、人々はマツに商業的価値以上に、精神の拠り所としての文化的価値を求めている。

セッション2「病原体」

神崎（森林総研）：*Bursaphelenchus*属には約85種が知られており、センチュウの他にもヤシ赤色輪腐病の病原ココヤシセンチュウ（*B. cocophilus*）も含まれていることから、この属の分類・同定は重要である。ところが、この属の形態による分類には曖昧な点が多く、実在しない「ゴースト種」もあると考えられる。そこで、DNA分析による系統解析結果と形態や生態（生活史、宿主）との関係を比較し、この属の分類について検討した。雄の交尾器、口針、雄の尾部の乳頭状突起（小さいので見落としやすい）、側線の数などの外部形態による分類はおおむね妥当であるが、いくつかのグループの間で形態的収斂現象（ウナギとヤツメウナギのように、異なる系統群間で類似した形態が現れる現象）が見られることもあった。*Bursaphelenchus*属線虫とそれが便乗する昆虫とを比較した結果、両者の関係は独立に数回進化したことが示唆された。

長谷川（中部大）：センチュウは、実験室内で簡単に増殖でき、顕微鏡観察も容易である。センチュウの卵の胚発生を、この分野でモデル生物とされる線虫（*Caenorhabditis elegans*）と比較した。卵子と精子の融合から4細胞までの変化はセンチュウと*C. elegans*との間に差がなく、その後センチュウでは6個の細胞が同時に分裂を開始し、卵内で線虫の姿へと変貌する。センチュウは人間と同様に雌雄を起源とする半倍数体の精子と卵子が結合して二倍体となる。細胞核内の染色体も観察でき、染色体数は $2N=12$ 、性決定様式はXY型（人間と同様）である。（共同研究者の中部大 三輪教授は、DNAの全塩基配列が解読されているという*C. elegans*研究の日本における第一人者で、流暢な英語で多数の質問をされていた。）

相川（森林総研）：センチュウの中には病原力の

弱い系統がある。このような弱病原力線虫は、強病原力のものと同種であっても、DNA分析で区別することができ、交雑個体における交雑の程度もDNA分析で判る。強病原力線虫と弱病原力線虫をクロマツに接種・再分離してDNA分析を行い、どちらの線虫が優占しているか確認したところ、接種の順番に関わらず強病原力線虫が常に優占した。また、強病原力線虫2系統を接種した場合には先に接種した線虫が優占したが、交雑個体も現れた。これらのことから、1本のマツ樹内に生息するセンチュウの病原力は、侵入した線虫の病原力の強弱や、侵入時期によって変化すると考えられた。

竹本（京都大）：強病原力線虫と弱病原力線虫の交雑個体群をクロマツに接種し、再分離した個体群（マツ樹経験個体群）は、マツ樹体内への侵入能力が高い。また、強病原力線虫と弱病原力線虫を様々な割合で交雑させた場合、強病原力線虫の割合が高いほど、交雑個体群の病原力が強くなる。さらに、強病原力線虫は弱病原力線虫よりも増殖能力が高いので、センチュウはマツ枯れを引き起こしながら病原力を強化している可能性がある。ただし、数理モデルを用いた解析では、強病原力線虫が絶滅しやすいことも示された。つまり、材線虫病の流行はセンチュウの病原力を強化するが、多くのマツが枯死して疎林化すると、強病原力線虫は絶滅し、弱病原力のものだけが生き残る。センチュウの病原力に変異があることは、マツがまばらになっても絶滅を回避することに役立っている。

菊地（森林総研）：線虫を植物寄生性たらしめる酵素についての理解を深める上で、EST解析は有用である。センチュウ、および近縁で病原性のないニセマツノザイセンチュウのDNAについて解析を進め、それぞれ13,000および3,000のESTを得た。センチュウは植物や菌類の細胞壁を消化するために、多種類の酵素（セルラーゼ、 β -1,3-グルカナナーゼ、ペクテトリアーゼなど）の混合物を使っている。センチュウでは、これらの酵素遺伝子は糸状菌の遺伝子から水平伝搬（horizontal gene transfer）したと考えられ、植物寄生性の進化において重要な役

割を果たしたと推察される。今後、植物外部寄生の *Trichodorus* 属線虫や、*Bursaphelenchus* 属以外の菌食線虫である *Aphelenchus* 属、*Tylencholaimus* 属線虫について研究をすすめ、線虫の植物寄生性におけるセルラーゼなどの酵素の重要性や、遺伝子の水平伝搬が植物寄生性の進化に果たした役割を解明する必要がある。

セッション3 「媒介昆虫」

中村（森林総研東北）：センチュウの媒介者であるマダラは防除の主な対象であり、マダラの生態を知ることは防除に不可欠である。日本における材線虫病の発生地域は北緯26度の南西諸島から北緯40度の本州北部と広範囲であり、マダラの化性（通常は1年1化だが、寒冷地では2年1化の場合もあり、台湾では1年2化の場合もある）や脱出時期は、緯度や標高で大きく変化する。成虫の脱出時期は予防散布タイミングに重要だが、これを温度などから予測することは一般に困難であり、現地における羽化脱出調査は有意義である。マダラの羽化脱出時期は、温暖地では早く始まるが、50%脱出日、終息日は温暖なほど早いとは限らず、結果として温暖地の脱出消長は長くだらだらと続く。一方、寒冷地では短期間に集中する。マダラ成虫の活動時期とマツ枯死木の発生経過の違いから、確認される枯死木に占めるマダラ産卵木の割合は地域により異なる。このように、マダラの生態は地域により異なるので、防除作業は地域特性にしたがって最適化する必要がある。

加賀谷（森林総研）：DNA分析は昆虫の地域個体群の系統関係解明に有用である。日本と中国大陸のマダラのDNAを分析した結果、大きく2系統に分けられ、両者は交雑もしくは混在しながら分布拡大したと考えられる。形態的に中国大陸と日本のマダラは別亜種と考えられていたが、ミトコンドリアDNA解析では両亜種の差異はなかった。地理的に近接する個体群間では遺伝子構成が似通っていたが、遺伝的距離と地理的距離は対応していなかった。このことから、マダラの国内における分布拡大過程では、少数のマダラが新たな場所へと侵入した後、枯死木の増加に伴って個体数を急増させた場合があっ

たとえられる。また、マダラ自体の飛翔による自然分散の他に、被害木の移動による長距離の拡散の寄与も想定される。岩手と秋田の個体群をマイクロサテライトマーカーを用いて解析した結果、遺伝子組成は両県間で異なっていたが、県内では類似していた。奥羽山脈が成虫移動の地理的障壁となり、両個体群はそれぞれ県内で分布域を北上させたと考えられる。質疑応答の中で、1973年に材線虫病が侵入した沖縄本島のマダラのミトコンドリアDNAは宮城や関東、熊本と同じタイプで、本州由来である可能性が示された。

前原（森林総研）：材線虫病による枯死木ではマダラ以外のカミキリやゾウムシ、キクイムシも繁殖するが、マダラだけがセンチュウの有効な媒介者となっている。これは従来、マダラ蛹室に含まれる不飽和脂肪酸（リノール酸やオレイン酸）がセンチュウを誘引するためと考えられてきた。しかし、マダラと同様にマツ枯死木に生息するヒゲナガモモブトカミキリの蛹室の不飽和脂肪酸含有量はマダラのそれと差がなかった。さらに、クロキボシゾウムシ、オオコクヌストを加えて蛹室の位置や青変菌の繁殖状態と集合するセンチュウの数の関係を見たところ、センチュウ数は蛹室の作られる位置によって大きく異なり、樹皮下蛹室では、辺材部の蛹室に比べて少なかった。また、センチュウの餌である青変菌が繁茂している蛹室ほどセンチュウの集合数が多く、運搬されるセンチュウの数も多かった。このような現象は、人工的に作成したマダラ蛹室に青変菌を接種する実験でも実証された。マダラがセンチュウの主要なベクターであるのは、センチュウが集まりやすい辺材部に蛹室が作られることと、蛹室に繁茂する青変菌がセンチュウにとって好適であるためと推察される。

Xu（中国）：伐倒駆除を実施しても、枝や伐根が残るためマダラの完全防除は達成できない。そこで、残された枝や伐根からマダラ幼虫を集め、天敵であるアリガタバチの一種 *Sclerodermus guani* の大量飼育に供した。このようなマダラ幼虫の採取だけでも被害率を大きく低下させることができた。また、

アリガタバチはマダラ幼虫に寄生する最も有力な天敵であり、これをヘクター当たり5千頭放虫することで被害率が低下した。この方法の経費は安い。伐倒駆除の跡地には、マツソノマツの抵抗性品種を植栽している。また、テルペンを誘引剤とする誘引器によるマダラ成虫の捕獲も効果がある。

セッション4 「発病機構および関連する微生物」

Zhao (中国)：センチュウの体表面はスムーズであるが、よく観察すると表面にバクテリア (*Pseudomonas fluorescens*) が付着している。(1)バクテリアが付着している野外センチュウ、(2)無菌培養したバクテリアが付着していない無菌センチュウ、(3)バクテリアのみ、(4)無菌センチュウにバクテリアを付与したもの、をそれぞれマツ樹に接種した結果、(1)と(4)で枯死した。このバクテリアは毒素 (flagellin か?) を生産しており、この毒素がマツ樹の枯死の原因と考えられる。

Sriwati (京都大)：材線虫病に感染して枯死した15年生クロマツから線虫と菌類を時期別に分離した。その結果、15種の線虫と18種の菌類が分離された。線虫では、センチュウとDiplogasterida目の1種が優占しており、両者の個体数密度の変動は同調し、いずれもマダラ蛹室周辺で生息数が多かった。枯死木から分離された18種の菌および*Botrytis cinerea* でセンチュウを培養した結果、*Pestalotiopsis* sp.1 とsp.2, *Sphaeropsis sapinea*, *Phialophora repens*, *B. cinerea* で繁殖がみられた。材内に優占している菌類のほとんどはセンチュウと「同居」できるが、*Trichoderma* spp.はセンチュウの繁殖を阻害していると考えられる。

竹内 (京都大)：センチュウが侵入したにもかかわらず、針葉変色や樹脂滲出停止といった症状を示さない「潜在感染木」が存在している。潜在感染木がどの程度存在しているのか解明するため、鳥取のクロマツ林と石川のアカマツ林に調査区を設け、胸高直径5 cm以上の調査木から材片を採取し、種特異的PCR分析により、センチュウ感染の有無を診断した。この分析には、センチュウのリボゾームDNAのITS領域 (変異が蓄積されやすく、同種の種内変異

が解析できる) を標的とし、センチュウが含まれる場合には特異なバンドパターンが示される。調査の結果、両試験地ともに潜在感染木の存在が確認された。潜在感染木は被害木として認識されないで、伐倒駆除の対象外となる。しかし、発散する揮発成分にマダラが集まるため、潜在感染木はマツ枯れ被害の拡大原因となる。

セッション5 「防除」

Phan (ベトナム)：昆虫寄生性線虫*Steinernema glaseri*と*S. carpocapsae*のマダラ天敵としての利用価値を実験条件下で調べた。オガ粉を詰めた長さ8 cmのチューブの一端にマダラ幼虫を固定し、他端にいずれかの線虫を接種したところ、待ち伏せ型の*S. carpocapsae*は接種に用いた容器に多くの個体が残ってマダラ幼虫に感染しなかったが、探索型の*S. glaseri*はよくオガ粉に移動し、マダラ幼虫への感染率も高かった。マダラに対する殺虫力が高く、材内への移動能力も高い*S. glaseri*はマダラの生物防除資材として有望である。

能勢 (九州大)：材線虫病抵抗性育種事業は1978年に開始され、クロマツでは14,000系統の候補から16系統が、アカマツは11,000系統から92系統が選抜された。他に、沖縄 (リュウキュウマツ) や中国 (タイワンアカマツ) でも抵抗性育種が進められている。九州では2004年以降、より抵抗性の安定した苗を生産するため、挿し木増殖によるクローン苗の生産が行われている。さらに強い抵抗性品種の開発に向け、これまで接種検定に用いられてきた「島原」系統より病原力の強いセンチュウが選抜され、接種検定に用いられ始めた。挿し木増殖技術の改善や、抵抗性品種のクローンや家系を識別するためのDNA分析による品種の診断システムも開発された。これらの新技術によって、近い将来、より強力な抵抗性マツが選抜されると考えられる。センチュウを接種して抵抗性を確認した苗が販売されているが、高価である。なお、センチュウを接種して生き残った苗木にセンチュウが残っているケースは確認されていない。

鎌田 (東京大)：日本では1977年に特別措置法が

施行され、薬剤の空散を含む防除が実施されるようになった。マツ枯れの主な防除戦術には(1)予防散布、(2)マダラ繁殖木の伐倒駆除、(3)殺線虫剤の樹幹注入がある。都市・公園緑地とマツ林では使用する戦術の組み合わせは異なるが、いずれの場合も守るべきマツ林を峻別することが特に重要である。和歌山の煙樹ヶ浜マツ林では、1977年から被害が増加し、1984年に沈静化した。しかし、空散を中止した1996年以降に再び枯死木数が増加した。そこで、地上散布の回数を2回から3回へと増やし、ヘリによる被害木の空中監視も行った。また、周辺林分からのマダラの飛び込みを防止するため、周囲2 kmの範囲に生育するマツ（生立木含む）を排除した。これらの防除対策の結果、被害は再び沈静化した。石川県の兼六園では、従来年6回の地上散布で園内のマツを守ってきたが、それでも2本の名木が枯死したため、2004年からはさらに樹幹注入も実施した。その後は1本も枯死していない。防除には地域特性にあった戦略を立てることが重要であり、また行政の熱意が肝心である。

3. おわりに

シンポジウム直後に書かれた小林の報告書には、所感が書き添えられていた。当日の熱気を伝え、また学会で触発された研究に対する想いがにじみ出たこの文章を紹介し、記事のまとめとしたい。

—今回の学会で非常に残念だったのは、各県林試からの参加者が少なかったことである。県林試の研究員にとって国内で開催されるこのような学会に参加することは大変に有意義なことと信じる。もっとも、全ての発表が英語の学会に参加したのは初めてのことであり、流暢な英語の発表は、早く聞き取れない部分が多かった。また、質問したいことがあっても、とっさに英語で質問を繰り出すことは出来なかった。英語力を磨く必要を痛感した（それはもう一人の著者の中村も常々感じていることである）。

センチュウの生態に関する話題は専門用語が多く、難解であった。しかし、例えば長谷川氏の発表にあったセンチュウの受精卵から孵化までの細胞分裂過程

は映像で示され、興味深かった。また、この分野でもDNA分析が多用され、画期的な成果が得られていることに驚いた。神崎氏による、便乗線虫と昆虫との関係の研究は、個人的に特に興味深いものだった。ゾウムシ類の系統関係では、ゾウムシが木材に侵入するように特殊化してキクイゾウムシへと進化し、それがキクイムシ、さらにはナガキクイムシへと進化したと考えられてきた。ところが、九州大学による頭部形態の比較研究では、ゾウムシが口吻を失ってキクイムシへと進化したのではなく、材内生活で口吻を発達させる必要のなかったゾウムシがキクイムシである、という仮説が示されている。昆虫と随伴する線虫との関係は、これらの昆虫の進化過程の解明にとっても、ヒントとなるだろう。

マツ材線虫病は、伐倒駆除や空散によって防除されてきたが、労力や環境影響との関連で新たな防除法の開発が要求され、抵抗性育種や線虫の弱毒化が注目されている。今回のシンポジウムでも、抵抗性マツに関する話題は多かった。日本の研究では苗木が用いられることが多いが、中国の研究者から、マツの抵抗力は樹齢が増すと低下する場合があることが指摘された。この点は今後注意を要するであろう。また、相川氏の研究は、弱病原力線虫を生存木に接種するだけでは、センチュウの弱毒化は不可能であることを示唆している。さらに、竹本氏の研究は、



写真-3 シンポジウム後に行われたエクスカーションの様子。左から、Sriwati氏(京都大)、Sutherland氏(カナダ)、Xu氏(中国)。背景は金閣寺。

抵抗性マツだけを植栽した場合、センチュウはその抵抗力を打ち破る病原力を獲得する危険性があることを示唆している。質疑にあったように、抵抗性マツの導入に際しては、同時に感受性のマツを植栽するなどの工夫が必要かもしれない。

海外の研究例では、殺線虫物質の検索やスタイナネマの利用など、既に日本で行われたような研究も多く、日本での研究の蓄積や経験が海外の研究に活かされていないように感じた。特に、センチュウに付着する細菌の毒素がマツを枯死させているという中国の研究は、日本での過去の研究結果とは一致しない部分が多い。実際、この発表に対しては、「これが事実であれば、線虫の系統による病原力の違いが説明できない」という指摘がなされ、また実験方法の問題点もただされた。しかし、日本でも定説化した知見については十分な再試験がされないケースは多い。鎌田氏が指摘したように、センチュウ随伴細菌に関しては、中国と日本だけでなく、各国の共同研究が必要であろう。当初参加予定であった森林総研黒田氏がやむを得ない事情により参加できなかったことは残念であった。黒田氏の参加があれば、議論がより白熱し、この問題についての理解が深まったであろう。

今回の学会の演者には、京都大学二井先生の研究

室の現役学生や在籍経験のある若手研究者が多かった。学生や若手研究者にとって、このような国際的な場面での発表の機会は貴重な体験であり、学会を主催された二井先生の心中には、学生を育てる思いもあったにちがいない。ただし、学生とはいっても、例えば Sriwati 氏の研究など、隣に座っていた Sutherland 氏が「彼女のデータ数には驚いた」と感嘆したように、データの質・量ともに申し分なかった。竹本氏の研究は、数理モデルを用いてマツの個体群動態とセンチュウの病原力の変化を解析するなど高度なものであった。竹内氏も、DNA 技術を駆使して潜在感染木を診断する高度な技術を身につけている。彼女の発表にあった調査地のひとつは、石川県林試の江崎氏に依頼し、現地まで同行して探した試験地であった。これまで、主にナラ枯れの共同研究を通じて二井先生や二井研究室の学生諸氏と交流してきたが、彼らと一緒に仕事が出来たことに誇りを感じた学会であった。

本稿を執筆するにあたって原稿を校閲していただいた二井一禎氏、鎌田直人氏、加賀谷悦子氏、神崎菜摘氏、前原紀敏氏にこの場を借りて感謝申し上げます。また、全ての写真を提供いただいた竹内祐子氏に深くお礼申し上げます。

(2007. 4. 15 受理)

学会報告

マツ材線虫病研究最近の動向 — 第118回日本森林学会大会より —

竹本周平¹・前原紀敏²

はじめに

福岡市の九州大学において第118回日本森林学会大会が開催された。毎年の恒例となっているテーマ別セッション「マツ枯れ・マツ材線虫病研究の現在」および、「マツ材線虫病抵抗性育種の新展開」が本大会でも設けられ、それぞれ15題の発表があった。ポスターセッションにおいても、樹病をはじめ育種、造林、生態といった幅広い部門で、本病に関連する発表が行われた。口頭発表と合わせると40題ほどにも上る。また大会後の関連集會では、林木育種研究談話会、樹木病害研究会、森林昆虫談話会の3つがマツ材線虫病研究をとりあげており、森林科学研究者の間での本病に対する問題意識の強さがうかがえる。

セッション「マツ枯れ・マツ材線虫病研究の現在 2007」を始めるにあたり、中村（森林総研東北）は、近年ポルトガルに侵入した材線虫病が徐々に被害地域を拡大していることを挙げ、本病を研究することの緊急度・重要性はこれまでも増して高くなっていると指摘した。また、セッション「マツ材線虫病抵抗性育種の新展開」の冒頭で、白石（九大農）は抵抗性育種が病害制圧に寄与した例を引き、マツ材線虫病抵抗性育種に関わる研究の一層の推進を勧奨した。本稿では、本大会の講演のうち、マツノサイセンチュウ（以下線虫と略す）個体群の病原力と伝播、マツ樹の抵抗性に関連するものを抜き出し、最近の研究の動向を整理してみたい。発表のすべてには触れられなかったことを先にお詫び申し上げる。

1. 線虫個体群の病原力と伝播

まず、線虫個体群が宿主であるマツ樹の生理にもたらす病的変化についての2題を紹介する。マツ材

線虫病はマツ樹の通導組織を塞栓することで水分生理に異常をきたす萎凋病であるが、その進行過程や発生機構については未解明な部分が残されている。堀（電通大電気通信）らは、線虫接種後のAE（アコースティックエミッション）事象の発生を経時的に調査するとともに低温走査型電子顕微鏡観察を行うことにより、木部キャビテーションの進行過程を解析した。AEの頻度だけでなくその音響的性質にも着目することで、ある時点を過ぎると、キャビテーションにつながる小さい気泡どうしの合体が急激に増加することや、キャビテーションの発生源が次第に材深部に移行することを示唆した。共同研究者である高梨（森林総研）も、森林昆虫談話会で同様の内容を紹介した。福田（東大新領域創成）らは、AE事象の検出のほか、MRIによる水分分布の非破壊的観察などいくつかの計測項目を組み合わせ、線虫感染後のマツ樹の水分生理状態の変化を総合的に評価した。キャビテーションは樹脂道の周りから起きはじめ、堀らと同様に放射組織に沿って拡がるのが観察された。線虫接種20日を過ぎるとキャビテーションは急激に拡大し、接線方向への拡がりもみられた。また、キャビテーションを生じる水分張力の閾値が低下していた。

次は伝染環に関する講演を紹介する。感染時期が遅かった場合など、マツ樹は線虫に感染したまま冬を越し、翌年の春から初夏にかけて発病枯死することがある。いわゆる「年越し枯れ」である。伐倒駆除の実施時期以降に年越し枯れが発生すると、それまでの駆除が完璧に行われていたとしても周囲からマツノマダラカミキリを誘引してしまうため、新たな枯死被害を誘発する危険性がある。クロマツ若齢木に対し、当年に枯死の起こりにくい条件で線虫接

¹TAKEMOTO, Shuhei, 果樹研究所果樹病害研究チーム, 神奈川県立生命の星・地球博物館;²MAEHARA, Noritoshi, 森林総合研究所森林昆虫研究領域

種を行って年越し枯れを誘発した前原（森林総研）によると、年越し枯れ木の樹幹にも産卵痕が観察され、カミキリの産卵対象となることが確認されたという。さらに翌年に羽化脱出するカミキリが線虫を保持していれば、年越し枯れ木は、カミキリの誘引源としてだけでなく線虫の感染源としても無視できないことになる。太田（秋田県立大生物資源）らも、つちくらげ病・被圧・雪害といった材線虫病以外の要因で枯死したマツ樹が感染源として寄与するか検討した。このなかでも、つちくらげ病による枯死木では、31%にカミキリの産卵痕が確認され、そのうちの70~80%から線虫が検出された。また、そこから羽化脱出したカミキリの15%が線虫を保持していた。これは材線虫病による枯死木から脱出したカミキリの保線虫率に及ばないが、やはり感染源として無視できないことが指摘された。ところで、こうした年越し枯れ木あるいは材線虫病以外の要因による枯死木から持ち出される線虫個体群の病原力はどの程度なのだろうか。病原力の比較的弱い線虫個体群が感染を拡げる可能性は、従来考えられていたほど低くはないのかもしれない。

次に、樹木病害研究会での秋庭（森林総研九州）の講演内容を紹介する。秋庭の目的は野外における線虫個体群の病原力の動態を解明することであった。まず、異なる林分間の比較であるが、沖縄県の被害拡大中の2林分においては線虫個体群の病原力は軒並み強かったが、鹿児島県の吹上浜など防除を徹底した2林分では線虫個体群の病原力は必ずしも強くなく、ばらつきが見られた。この結果は、感染枯死木から生残木へという伝染環を断ち切ることで線虫の地域個体群の病原力が低下する可能性を示しており、とくに筆者（竹本）は興味深く聴かせて頂いた。病原力の経年的な変化については、宮崎県椎葉村のアカマツ林分に材線虫病が侵入してから被害が終息に向かうまでのモニタリングの結果が示された。調査期間を通じ病原力の強い個体群ばかりが分離されたが、この理由として秋庭は、椎葉村では線虫個体群の遺伝的多様性があまり高くなかったことを根拠として、少数侵入した病原力の強い線虫が林分全体

に広まったためではないかと推察した。

秋庭の講演では、線虫は九州に自生のマツ属樹種すべてに対し材線虫病を引き起こしうることも言及された。とくに、絶滅危惧種であるヤクタネゴヨウに対する病原性を接種試験で確認したことの意味は大きい。本種の保全において、材線虫病防除も視野に入れなければならないことを示しているからである。実際に、アロザイム分析によってヤクタネゴヨウの集団遺伝学的解析を行った金谷（森林総研）らの発表によると、種子島においては材線虫病により立木の約半数が枯死し、結果として地域個体群の遺伝的多様性までもが損なわれたということである。無論、現在は対策として徹底した防除が行われている。

一般に、起伏のある場所や立木密度の高い場所では伐倒駆除の際に枯死木を発見し損ねることがあり、病気の地域的根絶を難しくする一因となっている。そこで、中北（森林総研）らは、空中写真から枯死木の位置情報を獲得し、要防除木の分布を広域的に検出するシステムならびに作業者を要防除木までナビゲーションするシステムを確立した。最近の空中写真は撮影時の航路や時刻、角度などの精確な情報が付属しており、数cmの精度で写真上の位置を特定できるそうである。一方、枯死木中の線虫を検出するための方法として、ポスター発表の竹内（京大農）らは、リアルタイムPCRによる検出法を検討した。本法は、線虫の形態に関する専門的知識を必要とせず、また宿主組織が微量な場合にも適用できるため、線虫数の推定精度をさらに向上できれば有望である。

2. マツ樹の抵抗性

線虫の病原力と裏腹の関係にあるのがマツ樹の抵抗性である。川口（鹿児島県林試）は樹木病害研究会において、若枝の節の構造と樹脂道形質とが線虫の移動分散に及ぼす影響について講演した。川口は樹体内における線虫の活動抑制が抵抗性につながっている可能性があると考え、まずは線虫の侵入点である若枝を用いて、この可能性を検討したのである。材線虫病抵抗性を指標に選抜されていない非選抜ク

ロマツと抵抗性家系（抵抗性クローンからの実生）のクロマツから採取した切り枝を比較すると、抵抗性家系の切り枝では皮層樹脂道の断面積合計が小さく、通過線虫数も少なかった。この結果だけからすれば、皮層樹脂道の断面積合計が大きいほど線虫の通過を許してしまいがちであり、そうした性質が枯れやすさにつながっているのではないかと思われた。しかし、予期に反して、抵抗性クローンでは皮層樹脂道の断面積合計が大きく、抵抗性のすべてを樹脂道形質で説明することはできなかった。一方、節において分枝数の多い枝では、枝上端に線虫を接種すると節上部に線虫がとどまりやすく、線虫の移動が阻害されることが示された。分枝の多い苗に線虫を接種した場合、枯死率自体に差は現れなかったものの病徴進展は緩やかになった。黒田（森林総研関西）らも、クロマツ抵抗性母樹切り枝のうち線虫通過数の多かったサンプルの中には皮層樹脂道の断面積合計の大きいものが含まれていたと報告し、通過阻害度が抵抗性の重要な要素であることを示唆したが、それだけで抵抗性を説明することはできないと強調した。また、抵抗性クロマツ16クローンの切り枝上での線虫の増殖特性を評価した能勢（九大農）らは、抵抗性の強さと線虫増殖抑制度とは相関しなかったと報告した。この理由として能勢らは、切り枝では抵抗性が十分発揮されないか、増殖抑制以外の要因が抵抗性に関与しているかいずれかであろうとの解釈を示した。真宮はこの結果について、本来抵抗性であるはずのテーダマツ切り枝上で線虫が盛んに増殖することを挙げ、切り枝ではやはり本来の抵抗性が発揮されないのではないかとコメントした。その一方で、抵抗性の異なるアカマツ家系および非選抜の天然生アカマツの切り枝に線虫を接種し通過性を調べた軸丸（広島県林業技術セ）らによると、強病原力線虫アイソレイト（Ka-4）を用いた場合、切り枝を通過した線虫数は非選抜のアカマツで特に多く、アカマツの抵抗性と線虫の通過阻害の関連性ははっきり現れたという。軸丸らは、枝の年生や季節性の影響も考慮しなければならないが、切り枝の通過阻害度を指標として用いることで抵抗性検定を大

幅に省力化できる可能性を示唆した。また、この方法には、成木を枯死の危険にさらすことなく個体ごとにその抵抗性を評価できるという利点があるため、フィールド研究への応用も期待される。切り枝を用いて抵抗性を評価したこれら一連の試みについては、動的抵抗性が十分に評価できないおそれがある一方で実験条件を統制しやすいという利点もあるとのコメントが、セッション「マツ材線虫病抵抗性育種の新展開」の総合討論において聞かれた。

遺伝子発現のレベルで抵抗性メカニズムをさぐる試みも進んでいる。真嶋（京大生存研；発表者黒田）らは抵抗反応を誘導するジャスモン酸メチルなどの化学物質でアカマツ抵抗性家系の苗を処理し、一般に病害抵抗性に関わることが知られているスチルベン合成酵素の遺伝子発現を解析した。しかし、個体間のばらつきがかなり大きく、家系間の差は検出されなかった。マツの宿主応答を分子レベルで捉えようとする際に個体差をキャンセルすることがいかに難しいかを、改めて認識させられた。ところで、真嶋らが遺伝子発現解析に用いたb-DNA法（分岐DNAプローブ法）は、感度は低いものの操作が比較的簡便で定量性が高いといわれている。材料や実験条件をうまく統制すれば、宿主応答の微妙な差異を本法によって検出できるかもしれない。渡邊（森林総研林木育種セ）らは、SSH法（suppression subtractive hybridization法）により、線虫接種時に特異的に発現する遺伝子群を抽出した。真嶋らの発表と同様マツ苗の個体間差は大きかったものの、感受性のマツ苗では防御関連遺伝子群が強く発現しており、抵抗性家系ではキチナーゼ遺伝子の発現が強いという特徴が見いだされた。また、クロマツとアカマツとで接種後の応答のパターンが異なっていたのも興味深い。

次は、抵抗性の決定要因についての3題を紹介する。アカマツ精英樹相互の交配によって得られた実生の抵抗性検定を行い、抵抗性の遺伝分散を推定した蓬田（岩手県林業技術セ）らは、一般組み合わせ能力で有意差が見いだされ、その寄与は50%にもなったと報告した。なお、正逆交配で差は生じなかった。

また、倉本（森林総研林木育種セ九州）らは、アカマツ・クロマツとも、抵抗性遺伝子数はおよそふたつと推定され、広義の遺伝率は1に近かったと報告した。これらの研究はいずれも、マツ個体の遺伝子型が抵抗性の決定要因として非常に重要であることを圃場レベルで具体的に示したものである。それでは、野外林分においてはどうか？松永（森林総研林木育種セ九州）らが実験林で行った接種試験では、成木の抵抗性は苗圃における既往の接種試験の結果をよく反映した。成木の抵抗性においても、遺伝効果の寄与が大きいことに変わりはないようである。

こうした抵抗性遺伝子に限らないが、目的とする形質を司る遺伝子を集積しようとする場合、分子マーカーの利用が非常に有効である。目的の形質と連鎖するマーカーが特定でき、これを目印にして選抜ができるようになれば、育種にかかる時間と労力が大幅に軽減されるからである。スハリヤント（九大農）らはRAPD（ランダム増幅多型DNA）-PCRで増幅されたDNA断片の配列決定を行い、マーカーとなり得る196 SNPs（一塩基多型）と2 indels（挿入・欠失）を検出した。なお、これらのうちほとんどが二対立遺伝子であった。また、磯田（森林総研林木育種セ）らは、濃縮ライブラリ法により1441コロニーから10 SSR（単純反復配列）マーカーを作成し、これに加えて、テーダマツで開発された117プライマーを適用し、クロマツ・アカマツに共通して利用可能な40 SNPsを検出した。今後、抵抗性を決定する遺伝的な機構が詳しく解明されれば、そのメカニズムの理解につながる糸口にもなるだろう。

まとめにかえて

林木育種研究談話会の開催にあたって、真柴（林木育種協会）は、現在関心の高まっている海岸マツ林の再生を協会として後押ししたい旨あいさつを述べた。また藤沢（同協会）は、抵抗性育種事業30年の蓄積を振り返り、材線虫病克服に向けてのこれか

らの展望を議論したいと趣旨説明した。藤沢のいう蓄積とは、大平（森林総研林木育種セ九州）が同談話会で総説したような、繁殖技術や検定方法の開発における試行錯誤の積み重ねであり、また、宮原（福岡県森林林業技術セ）らおよび白石（前掲）らが示したような、育種戦略・育種システムを練り上げてきた過程であるといえるかもしれない。では、今回の森林学会大会を通して展望できたものは何だろうか？ひとつは、当然ながら、研究には終わりが無いということである。上に挙げたほか、育種の分野において真崎（佐賀県林試）らや大平（前掲）らの発表したように繁殖技術は現在も進歩し続けているし、一方で保護の分野においても、浦野（森林総研関西）ら、相川（森林総研）ら、杉本（山口県林指セ）ら、ポスター発表の喜友名（沖縄県森林資源研究セ）、および森林昆虫談話会の高梨（前掲）が示したように、天敵を用いた媒介昆虫の防除技術の高度化が進み続けている。ふたつめは、セッション「マツ材線虫病抵抗性育種の新展開」の総合討論で指摘されたことでもあるが、保護分野と育種分野が今後いっそう交流を図ることで、病原性／抵抗性メカニズムの理解が劇的に深化する可能性である。とくに、感染生理の分子レベルでの研究は両分野の境界領域ともいえ、さらなる展開が注目される。また、樹脂道の断面積合計が抵抗性に関与している可能性が育種の分野から提起されたが、これに対して、安直な例で申し訳ないが、線虫の体幅は病原力に関与するのかという疑問に果敢に挑戦することができるのは保護分野の研究者、とりわけ線虫学者であろう。逆に、線虫のどのような性質が病原性発揮に不可欠なのか明らかになれば、これを克服するような形質が育種目標となり得る。本大会で交わされた議論が、マツ材線虫病に関わるすべての研究者にとって何らかの起爆剤となることを祈念して、本稿を終わることにする。

(2007. 4. 27 受理)

学会報告

森林昆虫研究最近の動向

— 第118回日本森林学会大会より —

江崎功二郎¹

マツノマダラカミキリ

第115回大会、第116回大会に引き続き行われた松くい虫のテーマ別セッション「マツ枯れ・マツ材線虫病研究の現在2007」では、口頭発表15題があった。真宮靖治による「マツノザイセンチュウの各種樹木に対する親和性」の発表は、マツノザイセンチュウの親和性はアカマツやクロマツで最も高くなり、イヌシデにおいても認められることを示した。佐々木将人（東大農）らによる「隔離されたキボシカミキリ、クワカミキリ、トラフカミキリ個体群とそれに保持されるクワノザイセンチュウの動態」の発表は、クワノザイセンチュウは3種のベクターの中でキボシカミキリとの結びつきが強いことを明らかにした。軸丸祥大（広島県林技セ）らによる「抵抗性アカマツ数家系の切り枝におけるマツノザイセンチュウ通過数の比較」の発表は、抵抗性アカマツの切り枝では通過線虫数が少なく、通過線虫数による抵抗性評価の可能性を示唆した。前原紀敏（森林総研）らによる「*Bursaphelenchus*属数種線虫の接種と潜在感染調査」の発表は、潜在感染木の当年枝の伸長量は少なく、年越し枯れを予測できる可能性を示した。太田和誠（秋田県立大生物資源）らによる「秋田県夕日の松原において在来マツ枯死要因が外来マツ材線虫病の発生に及ぼす影響」の発表は、ツチクラゲ病や雪害などの枯死木からも材線虫を保持するマツノマダラカミキリが発生する可能性を示唆した。浦野忠久（森林総研関西）による「サビマダラオオホソカタムシの網室内における移動分散」の発表は、マツノマダラカミキリの天敵昆虫による生物防除の可能性が最も期待されるサビマダラオオホソカタムシであるが、春期と秋期の網室試験でカミキリ穿入丸太に誘引される傾向が低いことが示された。

相川拓也（森林総研）らによる「昆虫病原性線虫（*Steinernema*属）2種のマツノマダラカミキリに対する殺虫効果—野外マツ枯死木に接種した場合」の発表は、マツノマダラカミキリ幼虫に殺虫活性を示す2種の昆虫病原性線虫の丸太接種により、羽化成虫を抑制できることを示した。杉本博之（山口県林指セ）らによる「*Beauveria bassiana*不織布製剤によるマツノマダラカミキリ成虫駆除—集光口付被覆シートを利用した安定的な駆除方法の開発」の発表は、マツノマダラカミキリの加害丸太を集光口付被覆シートで覆うことにより効率的な不織布製剤の設置を可能にした。曾根晃一（鹿児島大農）らによる「桜島におけるMEP-MC剤の散布がマツノマダラカミキリ個体群に及ぼす影響」の発表は、MEP乳剤より環境負荷が少なく薬効期間が長いとされるMEPマイクロカプセル（MC）剤のマツノマダラカミキリ個体群に与える影響について示された。池田武文（京都府大農）らによる「天橋立公園による松並木景観保全の取り組み」の発表は、天橋立公園の松の生育環境について問題を提起し、健全性を高める管理法について示した。

このセッションとは別に沖縄県からポスター発表2題があった。喜友名朝次（沖縄県森林資源研究セ）による「沖縄県における松くい虫の天敵」の発表は、被害地のマツ枯損木からはマツノマダラカミキリの捕食性天敵であるフタモンウバタマコメツキが多く捕獲されたが、寄生性天敵であるクロサワオオホソカタムシの方が容易に人工増殖でき利用の可能性が高いことが示された。伊禮英毅（沖縄県森林資源研究セ）らによる「沖縄県における松くい虫の防除戦略について—研究の紹介と今後の課題」の発表は、沖縄県が抱えている複雑な松くい虫問題を提起し、

松林のタイプごとに防除指針を策定し行政と一体となった防除戦略を推進していることを示した。

カシノナガキクイムシ

動物部門は前年に引き続き、多くはカシノナガキクイムシの発表で、ポスター発表6題、口頭発表7題、計13題があった。これまでは生態関連の発表が多かったように思うが、今回は管理法に直結するような発表も多く、ナラ枯れ問題も応用研究に向かいつつあるように感じた。

平成17年度から実施されている先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発」の研究チームによって3連番のポスター発表があった。布川耕一（新潟県森林研）らによる「揮散量の異なる合成フェロモンがカシノナガキクイムシの行動に与えた影響」、衣浦晴生（森林総研関西）らによる「揮発制御型製剤を用いた合成フェロモンによるカシノナガキクイムシの捕獲試験」、および齊藤正一（山形県森林研究セ）らによる「純度の異なる合成フェロモンによるカシノナガキクイムシの捕獲試験」の発表は、合成フェロモンを誘引剤としたファネルトラップを被害地に設置した試験を行い、捕獲効率の高いフェロモントラップの開発を行い、それを防除に利用する革新的な応用研究の成果を示した。江崎功二郎（石川県林試）による「2006年豪雪はナラ枯れ被害を減少させたか？」の発表は、カシノナガキクイムシの越冬生存率は冬期の低温や継続時間により減少することを明らかにし、平成18年豪雪により山地におけるナラ枯れ被害が減少したことを示唆した。西村正史（富山県林業技術セ）らによる「標高別にみたカシノナガキクイムシ成虫の脱出数とその消長」の発表は、山地におけるカシノナガキクイムシの脱出数は低地と比較して明らかに少なくなり、標高750m以上では激減することを示した。在原登志男（福島県林研セ）らによる「ナラ類集団枯損木におけるカシノナガキクイムシの穿入孔数の推定と生息する高さ」の発表は、被害木の総穿入数は地上高0.75~1.0mの穿入孔数から推定され、その直径が小さいほど穿入

孔が地上下部に集中する傾向があることを示した。村上幸一郎（京都大阪森林管理事務所）らによる「ナラ枯れ防除の理論と実際—京都市東山での事例から」の発表は、京都市東山において多様に努力されたナラ枯れ管理体制下であっても、出現被害量は行政の期待値に大幅に答えられなかったが、被害拡大の数理モデルの当てはめにより管理効果が認められたことを示した。野崎 愛（京都府林試）らによる「爪楊枝を用いたカシノナガキクイムシ脱出防止の試み」の発表は、カシノナガキクイムシ成虫の羽化脱出を防止するためにボランティアの協力を得て穿入孔に爪楊枝を挿入したが、十分な防止効果が得られなかったことを示した。また、小林正秀（京都府林試）らによる「樹木に飛来するカシノナガキクイムシの大量捕殺法」の発表は、新しいカシノナガキクイムシ穿入孔の下にプラスチックコップなどを設置し、成虫の大量捕獲に成功したことを示した。大橋章博（岐阜県森林研）による「粘着剤散布によるナラ枯れの予防効果」の発表は、接着剤のみの樹幹散布で高いカシノナガキクイムシの穿入予防効果が得られることを示した。鎌田直人（東大演習林）らによる「カシノナガキクイムシの合成フェロモンの誘引試験—主成分の濃度と異性体が捕獲数に及ぼす影響」の発表は、フェロモンの主成分の成虫捕獲数は低濃度域では濃度の増加とともに増加することを示した。後藤秀章（森林総研）らによる「カシノナガキクイムシの分類学的検討」の発表は、カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* は日本海側を中心に分布しているグループに与えられる名称で、形態や遺伝解析の結果は太平洋側の分布種はこれとは違う種になる可能性が高いことを示した。加賀谷悦子（森林総研）らによる「カシノナガキクイムシの遺伝的構造の時空間による変化」の発表は、新被害地である長野県天龍村のカシノナガキクイムシ個体群は、日本海側の個体群とは有意な遺伝的分化が認められ、個体群の移動による被害発生ではないことを示した。

その他森林昆虫

4月3日に前述した以外で森林昆虫に関する発表が口頭発表7題、ポスター発表6題があった。伊藤昌明(名大生命農学)らによる「日本列島におけるサクキクイムシ(*Xylosandrus crassiusculus*)分子系統地理」の発表は、本州地域と南西諸島で遺伝的構造に差異があり、サクキクイムシは陸伝いで日本列島に定着した可能性が高いことを示した。久保田耕平(東大農学生命)らによる「日本産ルリクワガタ属の分子系統」の発表は、外部形態が良く似かよったルリクワガタ属4種の分子系統解析によって、コルリクワガタが古い時代に分化した可能性が高いことを示した。棚橋薫彦(東大農学生命)らによる「コクワガタ幼虫による腐朽材の利用と共生微生物」の発表は、コクワガタ幼虫は腐朽菌糸を利用して成長発育するが共生微生物は必須ではないことを示した。福田秀志(日福大情報社会)らによる「直径および含水率の異なる丸太におけるニホンキバチ共生菌の繁殖状態」の発表は、ニホンキバチの共生菌の繁殖は野外条件下では含水率および直径に依存することを示した。石田 朗(愛知県森林セ)による「タテジマカミキリの生活環」の発表は、愛知県においてコシアブラの穿孔虫として被害を発生させているタテジマカミキリは、主に7月以降に産卵する1年1化昆虫であることを示した。加藤 徹(静岡県林技セ)らによる「ヒノキ球果結実量とチャバネアオカメムシ発生量の19年間の推移」の発表は、ヒノキ球果の結実量とチャバネアオカメムシの年発生量の変動から大発生が予測可能であることを示した。安藤麻菜(東農大農)らによる「人工針葉樹林及び広葉樹二次林における土壌動物相について」の発表は、自然の豊かさおよびミミズの多様性は、ヒノキ人工林<カラマツ人工林<スギ人工林=広葉樹二次林の順番で高くなることを示した。吉田智弘(名大

生命農)らによる「スギ林の垂直層構造における節足動物群集の移動分散様式」の発表は、スギ林内の腐食者の移動は枝葉からの落下、風分散および樹幹上の徘徊によることが示された。北島 博(森林総研)による「人工飼育条件下におけるオオボクトウ幼虫の発育」の発表は、人工飼育飼料によってオオボクトウ幼虫を自然条件下で飼育すると、産卵年に羽化する個体と翌年に羽化する個体があることを示した。坂西由加里(東農大)らによる「弟子屈町カラマツ人工林におけるニホンカラマツヒラタハバチと天敵ヒメバチの動態解析」の発表は、道東地域のカラマツ人工林において天敵ヒメバチがヒラタハバチの大量発生防止のために8年間導入され、その後の密度動態について示した。岡田充弘(長野県林業総合セ)による「長野県におけるカツラマルカイガラムシによる広葉樹林被害の推移」と上野 満(山形県森林研究セ)による「広葉樹集団枯れ林分における林分構造の変化と更新状況—カツラマルカイガラムシの被害より」の2題の発表は、古くはクリ園の害虫としてよく知られたカツラマルカイガラムシの被害が、各地で発生し多種の広葉樹の枝枯れや立木枯死を引き起こしていることを示した。白井陽介(鹿児島県林試)による「ケブカトラカミキリの生態—ケブカトラカミキリとヒゲナガヒメカミキリのイヌマキ樹幹への加害形態の比較」の発表は、イヌマキに寄生するカミキリ2種を幼虫の加害痕と成虫の脱出孔の比較から区別する手法を示した。松本剛史(森林総研四国)らによる「 α -pineneに対するオナガキバチとヒゲジロキバチの誘引反応」の発表は、オナガキバチ雄は α -pineneに誘引活性があるが、ヒゲジロキバチ雄では活性は認められないことを示した。

(2007. 5. 24 受理)

学会報告

森林鳥獣研究最近の動向

— 第118回日本森林学会大会より —

田戸裕之¹

はじめに

第118回日本森林学会大会で発表された鳥獣関係の研究内容を示し、最近の野生鳥獣に関する研究動向を紹介する。

今回野生鳥獣を研究対象とする発表及び研究対象と関連する問題として鳥獣を扱った発表は表-1のとおり18件あった。今回の発表を部門別に見ると、動物部門が7件、生態が1件、造林が1件、経営が2件、立地が2件、利用が1件、テーマ別セッションにおいては、「生物多様性の保全に配慮した森林管理」で2件、「森林の分子生態学」で2件であった。発表内容を対象動物別に分けると、シカが例年通り多く11件、クマが2件、サルが1件、ウシが1件、鳥関係が1件、その他が3件であった。このほかに、関連研究集会として鳥獣研究者の自由集会で「シカと、森林管理の合意形成」が開催された。

ここでは、それぞれの発表の概要を紹介するが、筆者が聞くことができない講演があったために、その講演は講演要旨集から内容を紹介します。なお、詳しい内容は、日本森林学会のホームページ (http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfsc/118/0/_contents/-char/ja/) において講演要旨集が公開されているので参照されたい。

1. シカに関する発表

田戸ら(山口県林指セ)は、農林地の被害防除のため、行われている柵を効果的に配置するために、シカは通れず、人間の往来は可能なゲートを開発している。今回の試験は、今まで効果のあったもので、シカの歩行が不可能な資材について調査を行った。

吉田ら(自然研)は、大台ヶ原におけるGPSテレメトリーシステムの測位成功率を明らかにし、年間

の植生別利用割合や冬季のシカの移動ルートを明らかにした。冬季は、積雪のために標高の低い650m~1100mに移動し、その移動に伴い利用する植生が変化することを明らかにした。この結果は、今後の「大台ヶ原ニホンジカ保護管理計画」に反映されることとなる。

村田ら(九大生資環)は、九州の冷温帯林における糞の分布を明らかにすることにより、利用頻度の傾向を調査した。人工林より天然林、尾根部より谷部に多く糞があることを明らかにした。この結果は、テレメトリー調査でも、人工林より天然林を多く利用することが示され、糞の分布結果を支持した。

安藤ら(京林枝)は、第1切歯による齢査定により1994年から2004年までの11年間の齢構成の年変化を調査した。齢構成は、2000年以降推定生息頭数23,000頭~29,000頭の1/5である5,000頭を越えて捕獲しているにもかかわらず、極端な変化は起こしていない。京都府内の個体群は、依然として増加率が高い個体群であることが推測された。

石塚ら(東大演習林)は、イヌブナの実生の定着過程における消長を調査した。その中で、シカによる実生定着過程への影響について考察を行った。シカによる採食を排除した柵内では、早い実生の発生が生存を左右し、それは、柵外でも同様であった。5月末までに集中するシカ被害を避けると密度依存的に菌害の被害を受けた。柵外でシカ被害を受けたコホートは、全てのコホートでわずかながら生存したが、柵内のシカ被害を受けないコホートでは初期に実生が発生したコホート以外は菌害により全く生存できなかった。

高橋ら(東農大)は、シカの食害により、林床が裸地化する問題が深刻化している中、シカに忌避さ

¹TADO, Hiroyuki, 山口県林業指導センター

れ林床を優先しているオオバアサガラについて、萌芽更新に注目して考察を行った。胸高直径の大きいものが、良い成長を示し、相対照度が高いほど、成長が良かった。今後も試験が継続されることから、林床においてシカが忌避する植物が優占する過程について明らかにされるであろう。

近藤ら（森林総研九州）は、これまでの特定計画の中で問題視されてきた、県境をまたぐシカ個体群を一体管理するため、発表者が今までに行ってきた福岡県のシカ生息密度のポテンシャルマップを大分県とも合わせて評価を行った。今後の広域的な特定計画に反映されることとなるであろう。

片岡ら（東京農工大院）は、シカが林床植生を採食し、裸地化させてしまう問題について林床の被度が土砂侵食量にどのような影響を与えるか調査した。年間を通して土壌侵食量は地表流出量に大きく影響されており、季節によって土壌侵食量に与える影響要因が変化することを示唆した。

上田ら（近大農）は、シカと植物の関係について主に今まで問題にしていた地上部の問題を、地下のアーバスキュラー菌根とヒノキの関係について考察を行った。裸地区は感染率では差がなかったものの、孢子量や多様性で他の区に劣り、シカの食害が地下への影響があることを示唆した。

水藤（三重大生物資源）は、シカの剥皮被害を林道からの距離と法面の長さで考察した。単に林道からの距離でなく、林道周辺の法面等の管理によりシカによる被害に差が出ることを明らかにした。

笹川ら（神自環保セ）は、「丹沢大山総合調査」を実施し、いくつかの課題を設定し、ゾーニングを行うことにより自然再生を行うことを提唱した。人工林・二次林域は強度間伐を行い、生き物を増やしていこうとしている。それに伴う下層植生の増加によりシカの増加が懸念される問題については、密度管理や餌場コントロールで対処することを紹介した。

2. クマに関する発表

福田ら（東大院新領域）は、クマの剥皮被害を傾斜により考察を行った。緩傾斜では剥皮は幅広く全

周に及ぶ傾向が強いが、急傾斜は幅が狭く位置が高い傾向があることが明らかになった。

石田（東大）は、日本の森林資源の回復と里山からの人間活動の大幅な撤退によりツキノワグマを取り巻く生息環境に変化が生じていることを明らかにした。人身被害の防止及び農林業被害の最適低減化を図るため、ツキノワグマのための森林管理の中心を平野部辺縁に置き、山部と平野部で管理をかえることを提言した。

3. サルに関する発表

寺川ら（広大院・国際級力）は、ヤマモモのマイクロサテライトDNAを利用して個体識別を行い、ヤクシマザルの種子散布を調査した。糞に含まれる種子数は、6月上旬がピークであるが、糞に含まれる母樹の多様性は6月下旬がピークとなった。サルはヤマモモの実が豊富な時期は1箇所で多くの実を食べるが、減少すると移動して採食を繰り返す。このような採食戦略により散布される種子は変化することを明らかにした。

4. ウシに関する発表

村田ら（京林試）は、タケ皆伐後の竹林拡大防止を行うためにウシ放牧を検討した。皆伐後放置区は現存量が皆伐以前より多くなり、竹林拡大防止のためには皆伐を重ねる必要があり、タケに対するウシの採食能力はタケの発生量以上であることから、ウシを利用した竹林拡大防止は可能であることを示唆した。また、今後は獣害被害防止効果について検討することが示された。

5. 鳥に関する発表

河原ら（森林総研北海道）は、オオタカの産地識別についてマイクロサテライトとミトコンドリアDNA上のD-loop領域により行った。調査した個体はそれぞれ特異なプロフィールを持ち個体識別することができた。輸入動物により危惧されている遺伝子攪乱を識別する方法として、国内と海外の識別率は6割程度であった。しかし、国内の個体群の所属を同

表-1 第118回日本森林学会大会における鳥獣関連の発表題目

発表部門	演題	発表者
動物	<ul style="list-style-type: none"> ニホンジカ飼育個体における侵入防御試験Ⅱ クマハギ木の剥皮部位と傾斜の関係 GPSテレメトリーを用いた大台ヶ原におけるニホンジカの生息地利用* 冷温帯林におけるニホンジカの糞分布* 京都府におけるニホンジカ個体群構造* 竹林における牛の放牧* 北海道南部における樹洞の形成確率と樹種および立地特性の関係* 	田戸裕之(山口県林業指導センター研究部) 福田夏子(東京大学大学院新領域創成科学研究科) 吉田剛司(財団法人自然環境研究センター) 村田育恵(九州大学大学院生物資源環境科学府) 安藤正規(京都府林業試験場) 村田良浩(京都府林業試験場) 小野寺賢介(北海道林試道南支場)
生態	<ul style="list-style-type: none"> 秩父山地天然林における、発生時期の異なるイヌブナ当年生実生の生残過程 	石塚航(東京大学農学部 演習林研究部)
造林	<ul style="list-style-type: none"> 奥多摩地域におけるオオバアサガラの萌芽特性について 	高橋幸弘(東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科)
経営	<ul style="list-style-type: none"> 森林資源から見た物部村における「緑の回廊」の役割と将来性 九州北部地方におけるニホンジカの生息密度分布の推定* 	吉野聡(東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科) 近藤洋史(森林総合研究所九州支所森林資源管理研究グループ)
立地	<ul style="list-style-type: none"> 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における降雨と土壌侵食量 比叡山壮齢ヒノキ林内の下層植生パッチがヒノキ菌根に及ぼす影響 -シカ食害は地下生態系に影響するか?* 	片岡史子ら(東京農工大学大学院農学府 自然環境保全学専攻 森林保全学研究室) 上田泰弘ら(近畿大農)
利用	<ul style="list-style-type: none"> 人工林における林道からの距離とニホンジカによる剥皮被害との関係* 	水藤友紀(三重大生物資源)
生物多様性の保全に配慮した森林管理		
	<ul style="list-style-type: none"> 自然再生丹沢方式* ツキノワグマと森林管理* 	笹川裕史(神奈川県自然環境保全センター研究部) 石田健(東京大学大学院農学生命科学研究科)
森林の分子生態学		
	<ul style="list-style-type: none"> 糞中のヤマモモの内果皮遺伝解析に基づくヤクシマザル種子散布特性の解明 分子マーカーによるオオタカの個体・産地識別の可能性 	寺川眞理ら(広島国際協力) 河原孝行ら(森林総研北海道)
関連研究集会		
鳥獣研究者の自由集会		
	<ul style="list-style-type: none"> シカと、森林管理の合意形成 	話題提供 安藤正規・柴田叡弉(名古屋大学), 近藤洋史(森林総研九州)・池田浩一(福岡県森林林業技術センター)・小泉透(森林総研) コメンテーター 星崎和彦(秋田県立大学) コーディネーター 石田健(東京大学)

* : ポスター発表

定することは難しく、産地間の頻繁な移住が原因として考えられた。

6. その他の発表

小野寺ら（北海道林試道南支場）は、樹木の特性及び立地環境と樹洞のある確率について調査した。ミズナラよりカンバ類とブナで、胸高直径が大きいもの、標高が高いものが確率は高くなった。樹洞形成の原因と樹洞確率について考察した。

吉野ら（東京農大・環境）は、野生動物の保護管理に大きく期待されている「緑の回廊」について役割と将来性について考察した。「緑の回廊」は木材生産には向かないものの、国土保全機能は高く、野生動物の種と生息地保護には貢献している。将来的には定期的なモニタリングや獣害にかかる費用の問題等があるが、適切な森林管理をとおして問題は解決できると考察した。

7. 自由集会

今回の自由集会は「シカと、森林管理の合意形成」というテーマで開催された。

安藤ら（名古屋大学）は、合意形成の問題で全国的に注目されている「大台ヶ原のシカと森林管理」について報告を行い、近藤ら（森林総研九州）は、GISを取り入れた合意形成手法として「九州地方の新植地のシカ被害と森林計画」を紹介した。それに対してコメンテーターである星崎（秋田県立大学）やコーディネーターの石田（東大）が会場からの質問を交えて討議を行った。中でも、合意形成に対する研究者の取り組み方や合意形成におけるツールについて活発に討議された。今後の取り組みとして森林計画と野生動物の情報をリンクする必要性が指摘された。

おわりに

鳥獣に関する研究を全般に振り返ると、鳥獣に関する研究が生態系全体を考えて行わなければならないことや、様々な研究の成果で成り立っていることが分かった。今後の鳥獣に関する研究が、森林学会の中で尚一層盛んに論議されることを望む。

(2007. 6. 3 受理)

平成19年度森林防疫奨励賞の発表

平成19年6月12日開催の奨励賞選考委員会において、「森林防疫」誌第55巻（2006年，平成18年）に掲載された論文を対象に，本賞の審査規定に基づいて審査した結果，次の4編7名（共著者の大学，森林総研の研究者は対象外）の方々を受賞者とすることを決定した。一席には，共に優れた論文であることで2編が選ばれたが，林野庁長官賞は毎年ひとつに限らざるを得ないため，1編を長官賞として選考した。なお，授賞式は平成19年7月25日，当協会総会場で行われる。

一 席（林野庁長官賞・全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

糞粒を用いたシカ生息密度の調べ方

福岡県森林林業技術センター 池田浩一

一 席（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

カシノナガキクイムシの脱出数と枯死本数の推定

京都府林業試験場 小林正秀・野崎 愛

二 席

該当なし

三 席（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

茨城県におけるマツノマダラカミキリの発育と気温および生物季節との関係

茨城県林業技術センター 細田浩司

努力賞（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

岩手県のシイタケ栽培現場の虫獣害とその発生実態

日本学術振興会特別研究員（森林総研東北支所） 佐藤隆士

岩手県岩手町 松浦浮男

岩手県椎茸農業協同組合 鈴木長作

《選考経過》

一席 池田浩一・（遠藤 晃・岩本俊孝）：糞粒を用いたシカ生息密度の調べ方

1999年に特定鳥獣保護管理計画制度が導入されたことにより，シカの個体数推定は計画の根幹をなす作業と位置づけられ，単に研究者のみならず鳥獣保護および森林保護にたずさわる行政担当者にとっても取り組むべき大きな課題となった。シカの個体数推定方法は，発見したシカの数に積算する「直接法」と，糞などの痕跡の多寡に基づく「間接法」に大別される。直接法は欧米で古くから発達し，国内でも気候や地形の類似した地域では積極的に直接法が導入された。一方，地形や植生条件からシカの直接観

察が困難な西日本では，間接法による個体数推定技術の確立が待ち望まれてきた。

本論文は，間接法の一つである糞粒を用いてシカの生息密度を推定する方法（糞粒法）の理論と実際について解説したものである。総説の体裁をとってはいるが，引用されているデータは著者らの長年にわたる野外調査に基づく成果である。方法の理論的基盤は他の研究者の報告を参考にしてはいるが，季節的に変化する糞消失率を組み込んだ点は独創的であり，これにより推定精度が大きく改善された。また，糞粒数から生息密度を求める計算プログラムを公開し，理論から実践へのスムーズな移行を図っている。本論文では2000年に公開したプログラムを改

良し推定精度を高めた新版を公開するなど、研究に新たな進展がみられる。さらに、調査時期や調査枠の設定などにも言及し、糞粒法が不適切に適用されないよう注意を喚起している。研究成果の社会的な還元が強く求められる今日、科学性とともに実際の被害防除事業への応用性が高く評価され、第一席にふさわしいと判断された。

一席 小林正秀・野崎 愛：カシノナガキクイムシの脱出数と枯死本数の推定

カシノナガキクイムシは、ナラ類集団枯損（ナラ枯れ）をもたらし病原菌を運搬する昆虫として、現今の森林保護対策の中ではもっとも重要な位置を占める生物の一つである。ナラ枯れ被害は依然として拡大しており、効果的な対処（防止）法の開発が緊急の課題となっているが、いかなる対処法であれその効果を判定することが必要になる。本論文は、ある年のカシナガ成虫の脱出数から翌年の被害本数を予測するモデルを開発、検証したものだ。防除効果を判定する場合、防除処理区と無処理区（いわゆる「対照区」）との比較を行うのが普通だが、野外実験では処理の有無以外を同じ条件にした真の意味での対照区を準備するのが不可能なことが多い。そこで「もしその林分で防除しなかったら枯損数はどうなるか」をモデルで予測し、それと防除の結果を比較することで判定せざるをえない。そのためには本論文のようなモデルが不可欠である。本モデルは少数の変数からなる非常に単純な構造だが、実測値との適合（予測精度）もかなり良く、上記の目的に対して大きく貢献すると期待される。主著者の小林正秀氏は、ナラ枯れ被害の激しい関西の第一線で、長くカシナガの研究を行っている。本論文は、その材料の重要性、防除におけるモデルの実用性、そしてこうした長年の研究実績を踏まえた実用性、いずれにおいても優れており、一席にふさわしいと評価された。

三席 細田浩司：茨城県におけるマツノマダラカミキリの発育と気温および生物季節との関係

マツノマダラカミキリの発育と気温との関係については、多くの調査や研究がなされてきた。その大きな目的の一つは、マツノマダラカミキリ後食予防薬剤の散布適期を判断することである。散布が成虫の脱出タイミングと合わないと、十分な効果が得られない。各地の研究機関はそのため、被害材での蛹化日や成虫脱出日を長年にわたって記録してきた。本論文も、茨城県における31年間という長期にわたる蛹化と成虫脱出の記録を解析したものである。蛹化初日は当年の3、4月の気温やそれと関連のある生物季節との相関があること、また成虫脱出初日は5、6月の気温や有効積算温度等による重回帰で実測値をよく再現できることが明らかにされている。著者らも考察しているように、この方法では直前の温度によってしか脱出日を予測できないため、薬剤散布時期の決定にはむしろ平年値に基づくほうが実用的かもしれない。しかし一定の方法で得られたこうした長期データは、それ以外の目的においてもきわめて貴重なものであり、たとえば温暖化がマツノマダラカミキリの生活史に与える影響を考える上でも、こうした記録は大いに役立つであろう。このように、長期間のデータ集積努力と解析、およびその利用可能性が評価された。

努力賞 佐藤隆士・松浦浮男・鈴木長作・（後藤忠男）：岩手県のシイタケ栽培現場の虫獣害とその発生実態

輸入品に押されているとはいえ、シイタケが日本の栽培きのこの中で占める位置は依然として高い。乾シイタケに適した原木栽培においては、子実体が野外に長期間さらされるため、昆虫や野生鳥獣による被害が発生するが、その総合的な調査は非常に少なかった。本研究は主要なシイタケ生産県の一つである岩手県において、栽培者へのアンケートと、現地調査結果に基づき、被害実態を詳細に分析したものである。アンケートによって、とくにナメクジ類とオオキノコムシ類が露地栽培で大きな被害を与えていることなどが明らかになったのみならず、現地調査から季節やほだ木の位置が被害に大きな影響を

与えているなど、被害を回避する上での重要な知見も得られている。アンケート調査だけでなく、実際に現地に足を運んで調査している点に大きな努力が

認められ、また今回得られた基礎的な情報によって、将来のより詳細な研究への糸口が開かれたことなどから、努力賞にふさわしいと判断された。

平成19年度森林病虫獣害防除活動優良事例コンクールの発表

平成19年6月12日開催の選考委員会において、各都道府県より推薦いただいた団体・個人の中から、森林病虫獣害等防除活動への積極的な取り組み等の審査基準に従い、次の1団体を受賞者に決定した。なお、授賞式は平成19年7月25日、当協会総会の場で行われる。

奨励賞（全国森林病虫獣害防除協会会長賞）

社団法人中共済会（和歌山県）

《選考経過》

社団法人中共済会

和歌山県白浜町中区では、昭和46年4月、区有財産が法改正により区で持てなくなったため、社団法人中共済会を設立し、区の財産の維持管理を行なうこととした。区内の保安林である中大浜のマツの管理も積極的に行ない、区民の安全を守るため下草刈り、植栽等を実施している。

下草刈りは、毎年春と秋に行なうほか、白浜町緑化推進協議会と連携してマツ枯れ等により減少した

マツの捕植を実施している。具体的には、平成15年度に抵抗性マツ1,000本、平成16年度に抵抗性マツ500本、平成17年度に抵抗性マツ500本の植栽を行ない、保安林機能の向上と維持に努めた活動を行なっている。このようにマツ林復活に向けた活動は極めて意欲的である。

残念ながら、当地区での松くい虫被害は、年々増加傾向にあるものの、当共済会の活動によってマツ林の減少をくい止めており、松くい虫被害対策を地区住民あげて取り組んでいることは高く評価できる。

都道府県だより

静岡県におけるマツノマダラカミキリ発生時期の32年間の変化

○はじめに

本県における松くい虫被害の発生は、昭和22年に初めて確認されました。その後、昭和30年代までは小規模な発生にとどまっていたのですが、昭和40年代になり被害が増加しはじめ、昭和49年には航空機を使用した薬剤防除を実施するようになりました。

この空中散布の実施にあたり、効率的な散布時期の決定や検証のため、県ではマツノマダラカミキリの発生活長の調査を昭和48年から毎年実施しています。近年、地球温暖化による様々な影響が報告されていますが、マツノマダラカミキリの発生はどうなっ

ているのでしょうか。ここ30年あまりの発生活長の変化を探ってみました。

○発生活長調査

マツノマダラカミキリの発生活長調査は、県西部にある静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（旧林業技術センター）で行っています。毎年、冬の間隣接する県立森林公園など近くのマツ林で被害材を集め、同センターにある網室へ搬入します。発生の時期には1～数日間隔で発生したカミキリを回収しました。

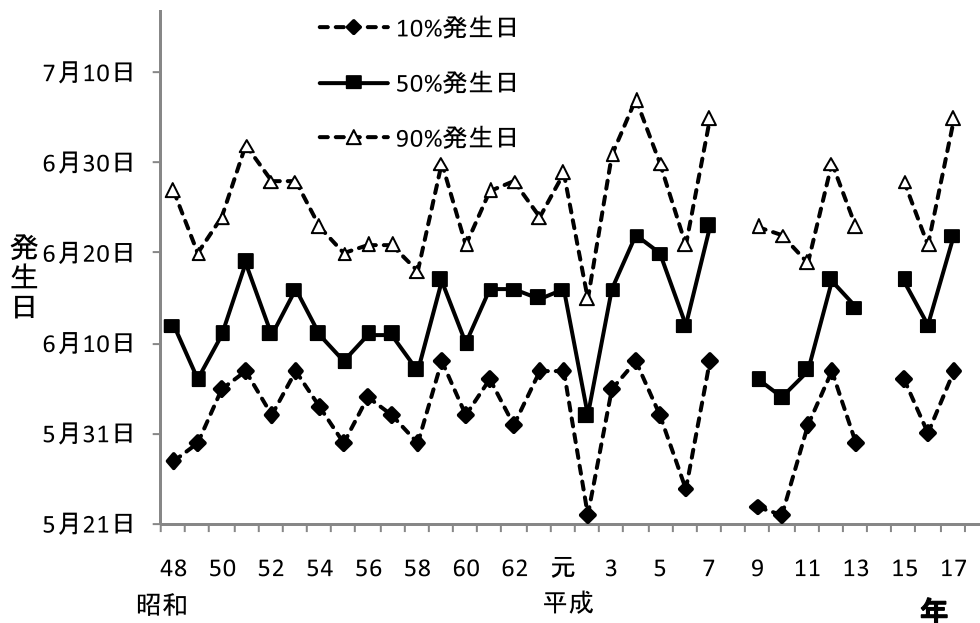


図-1 昭和48年からのマツノマダラカミキリの発生日の変化

表-1 約10年ごとの平均発生日

調査期間	10%発生日	50%発生日	90%発生日	50%発生日までの積算温度
昭和48～57年	6月2日	6月11日	6月24日	514
昭和58～平成5年	6月3日	6月13日	6月26日	501
平成6～17年	5月31日	6月14日	6月26日	524

積算温度は1月1日以降の発育限界を11℃としたときの有効積算温度を示す

○発生消長の変化

マツノマダラカミキリの発生消長の変化を図-1に示します。初期の発生である10%発生日や発生盛期の50%発生日そして発生終期の90%発生日とも、年ごとに多少の前後はありますが、近年になるに従ってそれぞれの発生日が早まるような傾向は見られませんでした。5月1日からそれぞれの発生日までの日数について約10年ごとに比べても、各調査期間ごとに有意な差はありませんでした(表-1, ScheffeのF検定, $p > 0.05$)。

また、50%発生日までの積算温度(1月1日以降の発育限界を11℃としたときの有効積算温度)については、ここ約10年で上昇している傾向が見られましたが、統計的には各調査期間ごとに有意な差はありませんでした(同)。

○今後の課題

静岡県の松くい虫防除のための空中散布は、当初からスミパイン乳剤を5月下旬に散布し、それから約2週後に2回目を撒く2回散布の方法を採ってきました。平成17年度からはスミパインMC(マイクロカプセル剤)の1回散布に変更しましたが、散布時期は5月下旬のまま変更はしていません。

今回の調査結果は、散布時期を変更する必要がなかったことを示す結果となりました。しかし、地球温暖化による気温上昇は確実に進行しつつあります。今後もこのような発生消長の調査を続け、適切な時期に散布を行うことによる効率的な防除に努めていくつもりです。

(静岡県建設部森林整備室)

新刊紹介

昆虫と菌類の関係—その生態と進化—

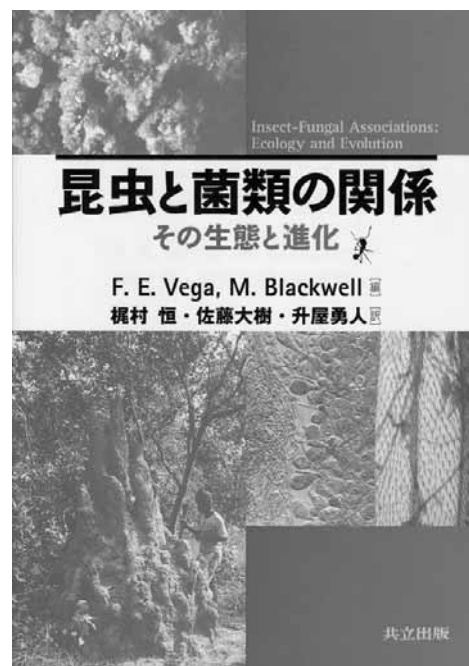
F.E. Vega・M. Blackwell編, 梶村 恒・佐藤大樹・升屋勇人 訳

A5 ペーパーバック378ページ

共立出版, ISBN: 978-4-320-05645-9

2007年6月発行, 定価 5,300円(本体)

わが国における菌類研究は、有用菌の利用、医真菌、その他の動植物寄生、病原菌を中心に行われており、昆虫(節足動物)に関する菌類(昆虫病原菌、昆虫寄生菌、昆虫共生菌)については、一部の昆虫病原菌に関するものを除けば、専門研究者数は非常に少ない。むしろ、昆虫学の一部となっている状態であろう。しかし、自然生態系における微生物の重要性はこれまでも強く述べられてきた事実であり、当然、この微生物が昆虫に、そしてそれを通して自然生態系に与える影響は非常に大きいはずである。その意味で、わが国においても、昆虫関連菌類の研究はもっとメジャーになって然るべきだろう。



本書は、Vega F.E.とBlackwell M.の編集により、Oxford University Pressより2005年に出版された、Insect-Fungal Association: Ecology and Evolutionの一部解説つき完訳である。合計2部11章と結論か

らなる本書は、各分野の専門研究者によって様々な昆虫関連菌類の生活が、生態的な現象から、遺伝子レベルまで、幅広い段階で解説されている。原著の英文には、かなり凝った表現や、難解な比喻、特殊な専門用語も多く、普通に読むだけでも一仕事である。この完訳は専門外のものからは非常にありがたいことである。

本書は前半（第一部）では「昆虫と拮抗する菌類」として比較的なじみの深い昆虫病原菌、*Beauveria* 属、*Metharhizium* 属の系統分類、進化から、エンドファイト、ラブルベニア、さらに微孢子虫の進化・生態が述べられている。単に病原体としてではなく、昆虫を利用する生物の生き方、という色が強く、科学的に興味深い点が多い。続く第二部では、「昆虫と相利共生する菌類」として、共生担子菌類、昆虫共生酵母類、キクイムシ共生菌類が、主に生態学的視点から解説される。昆虫が得るのは概ね栄養源であるが、菌類はそれぞれの関係において少しずつ異なったものを得ているという点は、読んで興味深い。

昆虫病原菌類に関する実用的、応用的研究を取り

扱った書物はこれまでも多く出版されているが、本書のような昆虫と菌類を等分に扱った基礎的な生態、進化に関する教科書は日本ではほとんど出版されていない。本書で示されたように、この研究分野自体、非常に将来性の高い分野である。もちろん、昆虫と菌類の関係はここで述べられたものが全てではない。窒素源としての昆虫遺体を積極的に利用する菌類も居れば、逆に、これまで木材食性であると考えられてきた昆虫が実は菌食性であったという報告も多くなされてきている。その点、本書は広く網羅的に昆虫関連菌類を取り扱ったものというよりは、より特徴的でダイナミックな関係をピックアップしたものと考えた方がよい。内容としてはかなり高度で専門的な部分もあるが、現役研究者には、これまでとは少し違った新たな視点の発見があるだろう。また、これから生物学研究を始める若い学生、大学院生には、このような生物の世界があるということ自体、新鮮だろう。多くの生物学研究者にとって、様々な意味で示唆的な教科書である。

(森林総合研究所 神崎菜摘)

森林病虫獣害発生情報：平成19年 5月受理分

病害

〔葉さび病…奈良県 奈良市〕

10年生アカマツ苗畑，2007年4月12日発見，被害本数30本（奈良県森林技術センター・天野孝之）

〔幼果菌核病…奈良県 奈良市〕

壮齡シダレザクラ庭木，2007年4月20日発見，被害本数1本（奈良県森林技術センター・天野孝之）

〔幼果菌核病…奈良県 奈良市〕

若齡サクラ庭木，2007年4月29日発見，被害本数4本（奈良県森林技術センター・天野孝之）

虫害

〔サンゴジュハムシ…新潟県 新潟市〕

壮齡サンゴジュ庭木，2007年5月1日発見，被害本数10本（新潟市園芸センター・木村喜芳）

〔サンゴジュニセスガ…新潟県 新潟市〕

壮齡サンゴジュ庭木，2007年5月1日発見，被害本数10本（新潟市園芸センター・木村喜芳）

〔チャドクガ…新潟県 新潟市〕

40～50年生ツバキ庭木，2007年4月17日発見，被害本数3本（新潟市園芸センター・木村喜芳）

〔クスサン…奈良県 高市郡〕

若齡イチヨウ種子採取用母樹，2007年5月18日発見，被害本数1本（奈良県樹木医会・天野孝之）

獣害

〔ニホンジカ，カモシカ…高知県 香美市〕

2～5年生ヒノキ人工林，2005年，2006年，2007年発見，被害面積10ha（高知中部森林管理署・植江田成一）

(森林総合研究所 阿部恭久／牧野俊一／小泉 透)

林野庁だより

森林保護対策室電話番号の変更

森林防疫56巻3号に掲載した林野庁森林保護対策室配置図の内線電話番号やダイヤルイン番号は、省内の電話のPHS化や内線電話の見直しで5月1日から変更になっております。

変更後の電話番号は、下記のとおりです。

林野庁 森林整備部 研究・保全課 森林保護対策室

- 農林水産省 03-3502-8111 (内線6214)
- ダイヤルイン 03-3502-1063 (内線6214に直接つながります)
- FAX 03-3502-2104

森林防疫ジャーナル

〔独〕森林総合研究所生物関連人事異動

配置換 (平成19年6月1日付)

濱口京子 (森林昆虫研究領域昆虫管理研究室主任研

究員)

→ 関西支所主任研究員 (生物被害研究グループ)

編集からの重要なお知らせ

原稿をE-mailで投稿される場合、2メガバイトぐらいを越えるメールの場合、こちらのサーバーの関係で受信できず、返送もされないケースが起っています。そのため、原稿をメールに添付する時に、別のメールで原稿を送った旨を必ずご連絡下さい。原稿受領時には、必ず受領のメールを2日以内にお送りしていますのでご確認下さい。

森林防疫 第56巻第4号(通巻第661号)
平成19年7月25日 発行(隔月刊25日発行)

編集・発行人 國井常夫
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都港区虎ノ門 5-8-12
☎ (03) 3432-1321

定価 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan
〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)
☎ (03) 3294-9719
FAX (03) 3293-4726
振替 00180-9-89156
E-mail shinrinboeki@zenmori.org